



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

**SISTEMA DE GESTIÓ DOMÒTICA PER A PERSONES QUE
PRESENTEN ALGUN TIPUS DE DISCAPACITAT**



Memòria tècnica

Autor: Cristina Gotzens Vives
Director: Manuel Manzanares Brotons
Convocatòria: Setembre 2022

Resum

Aquest treball de final de grau és com el seu títol indica, la creació d'un disseny del sistema de gestió d'una casa domòtica per persones amb discapacitat. Avui en dia i cada vegada més, la domòtica és present en el dia a dia, és per això que en aquest document s'aprofita aquesta tecnologia innovadora per facilitar la vida domèstica de les persones amb discapacitat física, auditiva o visual. Per saber les necessitats que tenen aquestes persones es detecten possibles solucions tractant el tema conjuntament amb elles.

Aquest document conté una breu introducció a què és la domòtica, la recerca de les diverses solucions que es poden utilitzar, el disseny del hardware d'un prototip comercial basat en el microcontrolador ATMEGA2560 i la creació d'un prototip de proves basat en l'entorn de desenvolupament Arduino. També es desenvolupa un programa principal pel control del sistema i la programació, d'una aplicació mòbil mitjançant l'entorn de programació MITApp Inventor.

Aquest projecte consta de tres documents més: la memòria econòmica (que conté els costos del prototip, del disseny real, d'enginyeria i d'una producció seriada), els plànols (que conté els esquemes elèctrics i el disseny de la placa de circuit Impres) i els annexos (contenen els programes complets).

Resumen

Este trabajo de final de grado es, como su título indica, la creación de un diseño del sistema de gestión de una casa domótica para personas con discapacidad. Hoy en día y cada vez más, la domótica está presente en el día a día, es por ello que en este documento se aprovecha esta tecnología innovadora para facilitar la vida doméstica de las personas con discapacidad física, auditiva o visual. Para saber las necesidades que tienen estas personas, se detectan posibles soluciones tratando el tema conjuntamente con ellas.

Este documento contiene una breve introducción a qué es la domótica, la búsqueda de diferentes soluciones a usar, el diseño del hardware de un prototipo comercial basado en el microcontrolador ATMEGA2560 y la creación de un prototipo de pruebas basado en el entorno de desarrollo Arduino. También se desarrolla un programa principal para el control del sistema y la programación, de una aplicación móvil utilizando el entorno de programación MITApp Inventor.

Este proyecto consta de tres documentos más: la memoria económica (que contiene los costes del prototipo, del diseño real, de ingeniería y de una producción seriada), los planos (que contienen los esquemas eléctricos y el diseño de la placa de circuito impreso) y los anexos (contienen los programas completos).

Abstract

This final degree project is, as its title indicates, the creation of a design for the management of a home automation system for people with disabilities. Nowadays, home automation is increasingly present in everyday life, which is why this document takes advantage of this innovative technology to facilitate the domestic life of people with physical, hearing or visual disabilities. In order to know the needs of these people, possible solutions are detected by dealing with the subject together with them.

This document contains a brief introduction to what home automation is, the search for different solutions to use, the hardware design of a commercial prototype based on the ATMEGA2560 microcontroller and the creation of a test prototype based on the Arduino integrated development environment. A main program for the control of the system and the programming of a mobile application using the MITApp Inventor programming environment is also developed.

This project consists of three further documents: the economic report (containing the costs of the prototype, the actual design, engineering and a serial production), the drawings (containing the electrical schematics and the printed circuit board layout) and the annexes (containing the complete programs).



Agraïments

Acabar aquest TFG i el grau no hauria estat possible sense totes les persones que m'envolten. Vull agrair a cada una de les persones que m'heu acompanyat durant aquesta etapa, que sens dubte no ha sigut gens fàcil.

Als meus pares per donar-me tot el que he necessitat durant aquests 5 anys, a la Mireia qui m'ha fet costat i ajudat en tot el que li he demanat. A en Marc per fer-me veure la llum quan jo tot ho veia negre. En Sergi que juntament amb el Marc veu aconseguir que no em desenganxés de la universitat. A tots i cada un dels meus companys de pràctiques, treballs i assignatures, però sobretot els amics que he tret de l'EEBE: Ramon, Roger, Marc, Lídia, Jordi, Dani, Iber, Laura, Àfrica, Gemma, Jaume i Vero. No només ha estat possible aquesta gent sinó que també han sigut les meves amigues de sempre les que m'han fet riure, tenir moments de desconexió, creure amb mi i tenir tantes ganes com jo d'acabar.

En aquest TFG, vull donar les gràcies a l'ONCE per oferir-me l'experiència de conèixer com fan el seu dia a dia les persones que pateixen ceguera. I sobretot vull donar les gràcies al meu tutor Manuel, per la paciència i per confiar en mi fins l'últim moment.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	IV
1. OBJECTE DEL PROJECTE	1
1.1. Objectius del treball.....	1
1.2. Abast del treball.....	1
2. MOTIVACIÓ I JUSTIFICACIÓ	2
3. ESPECIFICACIONS BÀSIQUES	3
3.1. Solucions d'adaptacions a discapacitats	3
4. DOMÒTICA	4
4.1. Concepte	4
4.2. Aplicacions	4
4.3. Situació Actual	5
4.3.1. Situació Actual a Espanya	5
5. POSSIBLES SOLUCIONS	7
5.1. Plaques de desenvolupament	7
5.2. Models Arduino	8
5.2.1. Arduino UNO.....	8
5.2.2. Arduino Zero	9
5.2.3. Arduino DUE.....	9
5.2.4. Arduino Mega	10
5.2.5. Taula comparativa.....	11
5.3. Sensors.....	12
5.3.1. Sensor de temperatura.....	12
5.3.2. Sensor de presència	13
5.3.3. Sensor magnètic.....	14
5.4. Enllumenat.....	15
5.4.1. Làmpades incandescents.....	15
5.4.2. Làmpades fluorescents	17

5.4.3.	Làmpades LED.....	18
5.5.	Brunzidor.....	18
5.5.1.	Brunzidor actiu piezoelèctric.....	19
5.5.2.	Brunzidor actiu electromagnètic.....	19
5.5.3.	Brunzidor passiu piezoelèctric.....	19
5.5.4.	Brunzidor passiu electromagnètic.....	19
5.6.	Motor persiana	20
5.7.	Display de visualització	20
5.7.1.	LCD Display	20
5.7.2.	TFT LCD	21
5.8.	Connexió Bluetooth	21
5.8.1.	Mòdul HC-05.....	21
5.8.2.	Mòdul HC-06.....	22
6.	SOLUCIÓ ESCOLLIDA	23
6.1.	Microcontrolador.....	23
6.2.	Sensor de temperatura.....	24
6.3.	Sensor de presència	25
6.4.	Sensor magnètic.....	26
6.5.	Enllumenat	27
6.6.	Brunzidor.....	29
6.7.	Persiana	30
6.8.	LCD.....	31
6.9.	Connexió Bluetooth	32
6.10.	Font d'alimentació	33
6.11.	Interruptors i polsadors	33
6.12.	Oscil·lador de Quars.....	34
6.13.	Disseny final	34
6.13.1.	Disseny instal·lació.....	34
6.13.2.	Esquema elèctric	36
6.13.3.	Placa de circuit imprès.....	41
7.	PROTOTIP DE PROVES	42
7.1.	Microcontrolador.....	42
7.2.	Sensor de temperatura.....	42
7.3.	Sensor de presència	42

7.4.	Sensor magnètic	43
7.5.	Enllumenat	44
7.6.	Brunzidor.....	45
7.7.	MOTOR PAS A PAS.....	46
7.8.	LCD	46
7.9.	Connexió Bluetooth	48
7.10.	Connexions del prototip	48
8.	SOFTWARE	50
8.1.	Programa principal	50
8.1.1.	Temperatura i Humitat	51
8.1.2.	Alarma	52
8.1.3.	Timbre	53
8.1.4.	Control llums.....	54
8.1.5.	Control llums per moviment.....	55
8.1.6.	Control Persianes	56
8.1.7.	Bluetooth	57
8.2.	Aplicació mòbil.....	58
8.2.1.	Accessibilitat.....	58
8.2.2.	Pantalla principal.....	60
8.2.3.	Llums	61
8.2.4.	Alarma	62
8.2.5.	Persianes	63
8.2.6.	Temperatura i humitat.....	64
9.	NORMATIVA	66
10.	IMPACTE MEDIAMBIENTAL	68
	CONCLUSIONS	69
	POSSIBLES MILLORES	70
	BIBLIOGRAFIA	73

1. Objecte del projecte

1.1. Objectius del treball

Aquest treball té com a objectiu principal facilitar el dia a dia a casa de les persones que tenen algun tipus de discapacitat. Que les tasques domèstiques que la resta de la humanitat fa sense cap barrera, puguin realitzar-les el col·lectiu de persones amb discapacitat amb la mateixa comoditat i senzillesa.

Per aconseguir-ho s'estableixen diferents objectius específics, amb l'esperança que el conjunt d'aquests sigui la solució a la problemàtica que es planteja.

- Detectar, conjuntament amb les persones amb discapacitat, quines barreres es troben dins dels seus habitatges i duent a terme tasques domèstiques.
- Proporcionar solucions a les dificultats detectades a través del disseny d'un prototip a partir d'un microcontrolador.
- Crear una interfície, de fàcil gestió i intuïtiva. A més, que aquesta sigui accessible per a persones amb discapacitat visual.
- Vetllar per a que el disseny sigui el més eficient possible.

1.2. Abast del treball

Aquest treball conté el desenvolupament d'un prototip de proves en el que es pot visualitzar les diferents solucions adoptades, a més, de fer un estudi tècnic i de viabilitat econòmica de la instal·lació a un habitatge.

Cal tenir en compte que l'estudi i detecció de necessitats inclou solucions per a persones amb discapacitat física, visual i auditiva. I que, per tant, altres tipus de discapacitat, tot i que algunes de les aplicacions que es donin sí que els hi siguin d'utilitat i els hi faciliti el seu dia a dia, no s'han contemplat durant la recerca i, en conseqüència, les solucions proposades els hi seran insuficients.

2. Motivació i justificació

Vivim en una societat que intenta, a poc a poc, ser més inclusiva. No obstant això, les persones amb discapacitat continuen trobant barreres al seu dia a dia. Molts cops les millores que es duen a terme no tenen en compte el mateix col·lectiu afectat, i a més són insuficients per tal que puguin viure amb total comoditat com fa la resta de la societat.

La falta d'adaptacions a la ciutat, infraestructures i comerços públics es donen també en les edificacions d'habitatges, disseny d'electrodomèstics, mobles, i espais de la llar. Els col·lectius de persones amb discapacitat encara demanen als governs i institucions públiques que estiguin a l'altura del que ells necessiten. Sembla que hi ha un gran avenç en la normativa de fer els espais públics accessibles, però aquesta no existeix pel que fa a la producció i disseny de màquines electrodomèstiques o dispositius digitals.

Aquest treball neix de la necessitat de crear una solució que unifiqui totes les problemàtiques que hi ha dins de les llars de les persones amb discapacitat. Perquè tal com va definir l'enginyeria "*L'American Engineers' Council for Professional Development*", actualment "*ABET*"(1), L'enginyeria és: <<*L'aplicació creativa dels principis científics per a dissenyar o desenvolupar estructures, màquines, aparells, o processos de fabricació, o treballs que els utilitzen sols o combinats, o per a construir o operar amb aquests amb total coneixement del seu disseny; i per a preveure el seu comportament en condicions de funcionament específiques; tot respecte de la funció pretesa, l'economia de l'operació i la integritat de la vida i la propietat.*>> Per tant, els enginyers i enginyeres han de vetllar per buscar solucions a les problemàtiques que es presenten aplicant els coneixements científics i tecnològics.

3. Especificacions bàsiques

Com ja s'ha comentat ens els capítols anteriors, la problemàtica que es proposa solucionar és la millora de la vida quotidiana de les persones amb discapacitats dins la seva llar. Per fer-ho es descriuen a continuació les diferents aplicacions que constarà el prototip per a facilitar les taques domèstiques segons les necessitats dels diferents tipus de discapacitats.

3.1. Solucions d'adaptacions a discapacitats

Les solucions pera persones amb discapacitats físiques consisteixen en aconseguir unificar per control remot a partir d'una aplicació mòbil el funcionament de: la il·luminació, l'alarma i les persianes a més de la visualització dels sensors sense haver de desplaçar-se

Per a les persones que pateixen pèrdues auditives o sordesa total, les solucions que es proposen en aquest treball són posar alarmes lluminoses per a cada una de les alarmes sonores que pugui tenir un habitatge: timbre de casa, alarmes de seguretat, etc. A més també es podrien posar les alertes a través del telèfon mòbil.

Per altra banda per a les persones amb discapacitat visual, totes seran a través de l'aplicació mòbil. És per això, que és important crear una App accessible per a persones cegues, és a dir, configurar-la per tal de que les funcions dels mòbil especials per a persones cegues puguin llegir l'aplicació creada. Sobretot les funcions que necessiten aquestes persones són de detecció si les llums dels diferents espais de la casa estan obertes o tancades o les persianes de l'habitatge estan pujades o baixades.

4. Domòtica

4.1. Concepte

La paraula Domòtica apareix per primer cop a un diccionari de llengua francesa com a “*domotique*” que és la unió de dues paraules una, del llatí “*domus*” de l’arrel “*domo*” que vol dir casa i l’altre de la paraula “*informatique*” o “*robotique*”.

La domòtica és una branca de l’enginyeria i l’arquitectura que integra als habitatges sistemes automàtics i robòtics amb la finalitat de millorar la qualitat de vida de les persones que hi viuen i la gestió energètica de l’edifici, per tal d’optimitzar el consum energètic d’aquest.

EL concepte domòtica va molt lligat al concepte d’edifici intel·ligent (EI). El terme intel·ligent s’utilitza en els àmbits informàtics per distingir els sistemes amb capacitat autònoma de processament de dades dels que no ho són. Per tant, un EI és aquell que té instal·lats sistemes d’automatització integrals, que permeten tenir la gestió, control i monitoratge de forma òptima i integrada.(2)

4.2. Aplicacions

Tot i que les aplicacions de la domòtica podrien ser tantes com la imaginació pugui crear, avui dia es centra ens els següents camps(3):

- Gestió energètica: és a dir, l’administració de les energies que s’utilitzen en un habitatge, oficines o edificis. Aquesta inclou: l’estalvi energètic, per tal d’evitar el màxim el malbaratament de l’energia, l’eficiència energètica, perquè l’energia sigui el màxim d’aprofitada i fins i tot el control de la generació d’energia.
- Confort i comoditat: en aquest punt el que fa la domòtica és tenir el control de tot l’habitatge, aquest control funciona principalment per poder automatitzar totes aquelles tasques repetitives de la rutina al dia a dia i per adaptar necessitats que tinguin les persones que hi visquin. El confort s’aconsegueix quan pots tenir per exemple: el control de la il·luminació, control del clima, d’obertures de portes, de reg, multimèdia, persianes, etc. I aquest control el pots exercir quan vulguis i des d’on vulguis.
- Seguretat: la xarxa de seguretat que es pot implementar, és l’encarregada de protegir les persones i els bens, aquesta aplicació es sustenta amb la prevenció i la detecció per a l’acció. Com que es té un coneixement de l’estat de les portes, finestres, persianes i sensors, mitjançant les programació de la instal·lació, s’aconsegueix una protecció de tot l’habitatge.

- Comunicació: aquesta aplicació és la que fa que la resta tinguin sentit. Recollir tota la informació de l'estat dels diferents sensors i controlar tots els actuadors i sistemes des de la distància. El que s'intenta aconseguir és tenir comunicació amb el màxim de mitjans possible per tal d'augmentar la interacció entre les persones i l'habitatge.
- Accessibilitat: la domòtica busca la possibilitat d'accés de qualsevol persona a qualsevol entorn. Un exemple de l'aplicació és el de poder executar qualsevol acció mitjançant una comanda de veu específica. Actualment la domòtica busca l'accessibilitat universal.

4.3. Situació Actual

L'arribada del primer "smartphone" el 2007, va revolucionar la internet. Des de llavors, tots els serveis de l'habitatge i la vida al dia a dia, s'han repensat per aprofitar els avantatges que suposen els dispositius intel·ligents. És per això, que l'arribada d'aquest primer telèfon intel·ligent ha fet sorgir infinitat d'aplicacions i funcions que permeten fer tot el que un usuari pot imaginar. Sens dubte, en l'actualitat una casa es pot controlar quasi totalment des del mòbil. De fet, el desenvolupament tecnològic ha avançat tant que ja és comú trobar dispositius connectats a eines d'intel·ligència artificial com són la "Siri" (Apple) o Cortana (Windows).

El 2020 les vendes mundials d'aquest sector van ser de 75.000 milions d'euros i segons les estimacions de mercat de l'estudi "Statista Smart Home Report 2020"(4) aquestes augmentaran fins als 198.000 milions d'euros el 2026.

És en aquest context on neix el concepte de domòtica definit en apartats anteriors. El dia d'avui, el sector de la domòtica està en continu creixement, fins al punt que es preveu que l'any 2024 aquest sector creixi fins a un 300%. Segons estudis d'estadística, els sistemes domòtics s'implementen en un 60% de les construccions d'obra nova i fins a un 40% en instal·lacions existents, uns percentatges prou considerables i a tenir en compte. Un dels punts importants per a la popularització d'aquest tipus d'instal·lacions és l'accessibilitat a gairebé tots els tipus de clients finals, és a dir, existeix ja una gran oferta a escala de varietat de components i dispositius que poden adequar-se en termes de preu al poder adquisitiu de cada persona.

4.3.1. Situació Actual a Espanya

Després de passar una època imprevisible i complexa a causa de la pandèmia de la Covid-19, el mercat de dispositius intel·ligents de domòtica per a llars s'ha incrementat en un 4,1% respecte a l'exercici anterior, i segons l'IDC, les vendes en l'àmbit nacional passaran de 854 M€ a 1.400 M€ per l'any 2024. També, per aquí dos anys es preveu que el 20% de les cases espanyoles disposin d'algun dispositiu domòtic que automatitzi alguna funció dels habitatges. Segons aquests estudis, es pot apreciar i

concloure que tant a escala mundial com a escala espanyol, el mercat i el sector de la domòtica i els dispositius intel·ligents creixerà considerablement. (5)

5. Possibles solucions

En el present capítol es proposen les diferents solucions que es poden adoptar per a realitzar tant el prototip com el disseny real del sistema i es realitzen comparacions entre les diferents opcions per tal d'escollir la més adequada.

5.1. Plaques de desenvolupament

Abans de fer l'estudi sobre els microcontroladors es va decidir que gràcies a la senzillesa i comoditat que aquestes opcions donaven s'utilitzarien microcontroladors en plaques interactives. Per això a continuació es realitza una breu explicació sobre Arduino i Raspberry.

Arduino es va crear l'any 2003 per facilitar l'accés i ús de l'electrònica i la programació de manera més econòmica sobretot als estudiants d'electrònica, ja que les alternatives que existien llavors eren més elevades.

Arduino és una plataforma de creació d'electrònica de codi obert amb *“hardware”* i *“software”* lliure, això fa que el seu ús sigui accessible a tothom qui vulgui usar-los. A més al mercat es poden trobar diferents tipus de plaques, accessoris i aplicacions compatibles creades per diferents desenvolupadors o empreses, però que totes tenen una mateixa base comuna. Aquestes característiques, permet a la comunitat de creadors emprar les diferents aplicacions creades i donar-los diferents usos. Arduino a més ofereix la plataforma: Arduino IDE (Entorn de Desenvolupament Integrat), que és l'entorn de programació amb el que pots crear aplicacions per les plaques Arduino.

Arduino acaba resultant una placa amb tots els elements necessaris per connectar perifèrics a les entrades i sortides d'un microcontrolador, i que pot ser programada tant amb Windows com macOS i GNU/Linux.

Com s'ha esmentat anteriorment, Arduino té *“hardware”* lliure; tot i això, n'ofereixen d'oficials, es poden identificar perquè inclouen el logotip en els seus dissenys. A continuació es mostra una breu descripció sobre algunes d'aquestes plaques per a poder comparar-les entre elles. (6)

Per altra banda, la Raspberry Pi és un ordinador de placa simple i baix cost. El seu objectiu principal és ensenyar informàtica a les aules. Però també té altres usos com el d'utilitzar-se com un petit ordinador domèstic bàsic. És prou potent per facilitar l'aprenentatge i dur a terme tasques bàsiques, també permet programar i compilar programes que s'executin en ell.

El seu sistema operatiu és de codi obert, és una versió adaptada de la distribució Debian anomenada Raspbian, també es poden instal·lar altres sistemes operatius, el que ha fet que s'hagin adaptat tota mena de distribucions GNU/Linux, i també versions d'altres sistemes com Windows 10. (7)

La principal diferència que hi ha entre la Raspberry Pi i Arduino és que el “*hardware*” de la primera manté el control sobre les plaques Raspberry Pi, només ells mateixos poden crear-ne i fabricar-ne, mentre que Arduino el “*hardware*” és obert perquè tothom pugui crear les seves pròpies versions de plaques.

Finalment, es conclou que tot i que ambdós productes serien aptes per a la solució que es vol dissenyar, a causa de la familiarització que ja es té amb el producte Arduino el disseny es durà terme amb aquesta opció.

5.2. Models Arduino

5.2.1. Arduino UNO

És la primera que va sortir al mercat i la més extensa, les plaques que es descriuran a continuació tindran gairebé totes les prestacions que inclou aquesta i per aquesta raó servirà de base per a realitzar les comparatives.

Aquesta placa és suficient per a la majoria de projectes i és la més recomanada en la majoria dels casos. Es basa en un microcontrolador Atmel ATmega328P de 8 bits a 16 MHz que funciona a 5 V. Té 32 kB de memòria “*flash*”, 0,5 kB dels quals reservats pel bootloader. 2 kB de SRAM i 1 kB d’EEPROM. És una de les plaques més limitades pel que fa a memòria, tot i això, és suficient per a la majoria de projectes. Les sortides poden treballar entre 6 i 10 V. Conté 14 pins digitals, 6 dels quals es poden utilitzar com a PWM, i 6 pins analògics que poden treballar amb intensitats de fins a 40 mA.

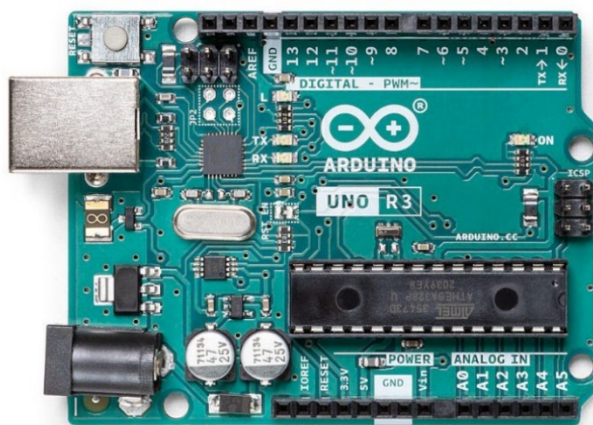


Figura 5.1.- Placa Arduino UNO Rev 3. Font:(6)

5.2.2. Arduino Zero

És una placa molt semblant a l'Arduino UNO, el microcontrolador d'aquesta és l'Atmel SAMD21 MCU de 48 MHz amb un core ARM Cortex M0 de 32 bits. Té 256 kB de memòria "flash", 32 kB de SRAM i una EEPROM de més de 16 kB. La tensió de treball és de 3,3 i 5 V i conté 14 pins digitals, dels quals 12 són PWM i UART, i 7 pins analògics, 6 d'entrada per un canal ADC de 12 bits i 1 de sortida per DAC de 10 bits. Aquesta placa serveix per als projectes que necessiten una mica més de potència de processament que la que s'aconsegueix amb Arduino UNO.



Figura 5.2.- Placa Arduino Zero. Font:(6)

5.2.3. Arduino DUE

Aquesta placa conté el microcontrolador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3 de 32 bits, treballa a 84 MHz. Té una potència de càlcul bastant superior a les plaques vistes anteriorment, és ideal per projectes amb la necessitat d'una alta capacitat de processament. La memòria SRAM és de 96 kB i

incorpora un controlador DMA per accés directe a la memòria. D'emmagatzematge disposa de 512 kB de "flash". La tensió de treball que suporta és de 3,3 i 5 V, com el model UNO, però ara suporta un corrent més alt que va de 130 a 800 mA respectivament. El sistema té 54 pins de sortides i entrades digitals, 12 dels quals poden ser utilitzats com a PWM. També consta de 12 pins analògics, 4 UARTs, capacitats de connexió USB OTG, dues connexions DAC, 2 TWI, un "power" jack, SPI i JTAG. És una placa amb una interfase de connexions molt complet i que permet un gran nombre de possibilitats diferents.

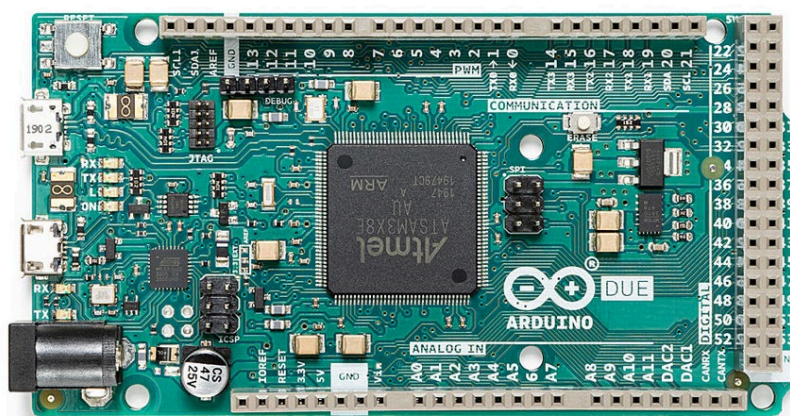


Figura 5.3.- Placa Arduino DUE. Font:(6)

5.2.4. Arduino Mega

El microcontrolador que utilitza aquesta placa és el que dona nom al model, un ATmega2560. Aquest xip treballa a 16 MHz i amb un voltatge de 5 V. Les seves capacitats són superiors al microcontrolador que empra el model UNO, tot i estar per sota de les capacitats de les solucions basades en ARM. Aquest microcontrolador de 8 bits treballa conjuntament amb una SRAM de 8 kB, 4 kB d'EEPROM i 256 kB de memòria "flash". Les capacitats d'aquesta placa són semblants al model DUE, però amb arquitectura AVR en lloc d'ARM. Té 54 pins digitals, 15 dels quals PWM, i 16 pins analògics.

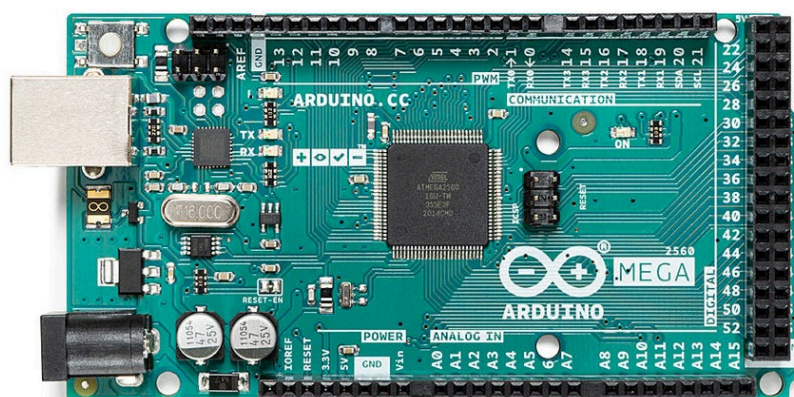


Figura 5.4.- Placa Arduino MEGA 2560 Rev3. Font:(6)

5.2.5. Taula comparativa

Taula 5.1.-Resum de les característiques principals dels models d'Arduino estudiats.

Arduino	UNO Rev 3	ZERO	DUE	MEGA
Microcontrolador	ATmega328P	Atmel SAMD21 MCU, 32-bit ARM Cortex M0+	Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3	ATmega2560
Voltatge	5 V	3,3 V	3,3 V	5 V
Voltatge d'entrada	7- 12 V	-	7- 12 V	7- 12 V
Pins digitals	14 (4 per PWM)	20	54 (12 per PWM)	54 (15 per PWM)
Pins entrada analògica	6	6, 12-bit ADC	12	6
Pins sortida analògica		1, 10-bit DAC	2 (DAC)	-
Memòria flash	32 KB	256 KB	512 KB	256 KB
SRAM	2 KB	32 KB	96 KB	8 KB
EEPROM	1 KB	-	-	4 KB
Freqüència rellotge	16 MHz	48 MHz	84 MHz	16 MHz
Preu	24 €	38,90 €	42 €	42 €

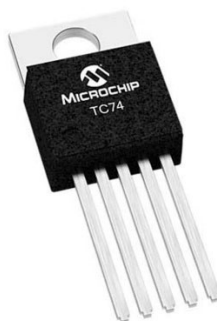


Figura 5.6.- Sensor de temperatura TC74. Font: (9).

DHT11 i DHT22

Són sensors digitals i a més d'incorporar un sensor de temperatura incorpora també un sensor d'humitat.

El primer, només pot llegir la temperatura cada 2 segons, i té un rang de mostres bastant baix: 0 °C a 50 °C, la precisió és de ± 2 °C i una resolució de 8 bits.

Per altra banda, el DHT22 té millors les prestacions del primer i abasta temperatures sota zero (-40 °C a 80 °C), té una millor precisió i la resolució també millora fins a 16 bits, tot i això, la velocitat de mostratge continua sent lenta: una mostra cada 2 segons.

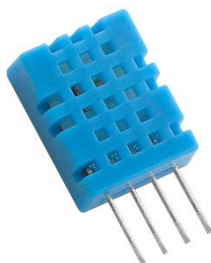


Figura 5.7.- Sensor de temperatura i humitat DHT11. Font: (10).

5.3.2. Sensor de presència

Sensor actiu

Aquests tipus de sensor són els que funcionen mitjançant l'enviament i recepció d'ones de so o radiació. Per aquest tipus de sensor són necessaris dos dispositius, un que actuar com a transmissió i l'altre com a receptor. Quan es produeix una interrupció en el recorregut de l'ona, s'envia un senyal elèctric al microcontrolador. Aquest tipus de sensors són els que es troben a les portes de pàrquing per exemple.

Sensor passiu

Aquest altre tipus de sensor de presència no li és necessari un transmissor, funcionen amb la detecció de la reflexió constant de les radiacions de l'entorn. Quan perceben un canvi de radiació, envien un senyal elèctric al microcontrolador.

Si es parla de sensor de moviment segons el tipus de tecnologia que utilitzen es troben fins a 6 tipus diferents: sensors infrarojos passius o PIR, sensors de microones, sensors d'ultrasons, sensor de moviment tomogràfic, detector de gestos i programari de visió per ordinador.

5.3.3. Sensor magnètic

Aquest tipus de sensor és necessari per a poder tenir la informació de l'estat de les portes i finestres de l'habitatge.

MC-38

És un sensor magnètic que s'utilitza per a la seguretat de l'habitatge, concretament en la detecció d'obertura de portes i finestres. Funciona com un polsador normalment tancat, és a dir, quan els dos borns del sensor estan en contacte, el sensor envia un '1' lògic i quan es troben separat en via un '0'. Treballa amb un voltatge màxim de fins a 100 V i corrent de 0,5 A. La distància d'activació és d'entre 15 mm i 25 mm. És un sensor petit, les seves dimensions són de 27 mm x 14 mm x 8 mm, un cable de 25 cm i només pesa 16 grams.



Figura 5.8.- Sensor magnètic MC-28. Font: (11).

RS PRO

És un fabricant que entre altres fa sensors és de tipus magnètic i funcionen de la mateixa manera que l'anterior. El model 918-2687 RS PRO està fet per un cos d'alumini molt resistent a la corrosió. Té una tolerància tèrmica de treball molt alta, podent treballar de -40 °C a 85 °C. Té un cable molt més llarg, de 75 cm i unes dimensions de 17 mm x 10 mm x 72 mm. Aquest s'activa a una distància de 30 mm i té una tensió i corrent de commutació de 50 V AC/DC i 500 mA.



Figura 5.9.- Sensor magnètic RS PRO. Font: (12).

5.4. Enllumenat

Actualment, existeixen molts tipus de làmpades, a continuació es mostren les característiques més rellevants de les principals làmpades que existeixen en el mercat d'ús domèstic.

5.4.1. Làmpades incandescentes

S'anomenen així pel mètode de producció de llum: incandescència de filament. Bàsicament existeixen dos tipus (13):

Làmpades incandescentes estàndard

Aquestes són les anomenades tradicionalment com a bombetes, estan formades per una ampolla de vidre, dins de la qual es troba el filament (de Wolframi o Tungstè) que esdevindrà incandescent quan el corrent passi per ell. Aquesta ampolla a més, té un gas dins, normalment argó, el qual regressa la temperatura de fusió del filament. Amb les hores de funcionament de la bombeta, el filament a poc a poc va perdent material i a causa d'aquest deteriorament, la secció del fil es redueix fins que un dia es fon com si fos un fusible.

Algunes de les característiques d'aquest tipus de llums són:

- Temperatura Color: 2500 a 3200 K.
- IRC: 90 a 100.
- Rendiment lluminós: 10 a 15 lm/W.
- Vida útil: 1000 h.



Figura 5.10.- Exemple de làmpada incandescent estàndard. Font: (13).

Làmpades incandescentes halògenes

Aquestes són la variant de les anteriors, ja que aconseguen que el filament es desgasti molt menys, i, per tant, la seva vida útil s'allargui. S'obté introduint una quantitat reduïda de iode a l'argó existent dins l'ampolla. Per altra banda, l'ampolla no és de vidre comú, sinó de quars. Aquesta no es pot tocar amb la pell directament, ja que la grassa i la suor dels dits fa que l'ampolla de quars perdi transparència. Normalment funcionen a 12 V de tensió.

Algunes de les característiques d'aquest tipus de llum són:

- Temperatura Color: 2900 a 4100 K.
- IRC: 90 a 100.
- Rendiment lluminós: 12 a 24 lm/W.
- Vida útil: de 2000 a 5000 h.



Figura 5.11.- Exemple de làmpada halògena. Font: (13).

5.4.2. Làmpades fluorescents

Estan formades per dos elèctrodes de Wolframi o Tungstè, recobertes de Bari, Estronci i Òxid de calci. A més contenen un tub de vidre de forma allargada, recoberta per la cara interior d'una substància fluorescent, el color que emetrà depèn d'aquest tipus de substància. El gas de dins és argó també el qual se li incorpora una petita quantitat de mercuri.

Algunes de les característiques d'aquest tipus de llum són:

- Temperatura Color: 2700 a 6500 K.
- IRC: 80 a 95.
- Rendiment lluminós: 75 a 90 lm/W.
- Vida útil: de 10000 a 17000 h.

Dins de les làmpades fluorescents existeixen les làmpades fluorescents compactes, es caracteritzen per ser de baix consum i les seves característiques varien una mica:

- Temperatura Color: 2000 a 2800 K.
- IRC: 30 a 70.
- Rendiment lluminós: 90 a 140 lm/W.
- Vida útil: de 12000 a 24000 h.

Com és d'esperar la seva vida útil és major a les anteriors.



Figura 5.12.- Exemples de làmpades fluorescents. Font:(14).

5.4.3. Làmpades LED

Aquest tipus de làmpades ja es troben a qualsevol sector, ja sigui domèstic com comerços, estructures, carrers, etc. Com les fluorescents compactes, es caracteritzen per ser de baix consum. En el mercat existeixen llums LED de diverses formes colors i temperatures de color. Pràcticament, no produeixen calor, per tant, gairebé tota l'energia que s'utilitza va destinada a produir llum, cosa que fa que sigui més eficient energèticament.

Algunes de les característiques d'aquest tipus de llum són:

- Temperatura Color: 2700 a 6500 K.
- IRC: 75 a 95.
- Rendiment lluminós: 65 a 100 lm/W.
- Vida útil: de 15000 a 50000 h.



Figura 5.13.- Exemples de diferents tipus de LED. Font:(15).

5.5. Brunzidor

Els brunzidors o “buzzers” es classifiquen depenent de 2 característiques: si tenen un oscil·lador integrat o no (Actius o passius) i la manera amb què generen els sons (Piezoelèctric o electromagnètic).

Cada una d'aquestes característiques és independent de l'altre, és per això que existeixen 4 combinacions: brunzidor passiu piezoelèctric, brunzidor passiu electromagnètic, actiu piezoelèctric i actiu electromagnètic.

Els brunzidors piezoelèctrics estan basats en les propietats dels cristalls piezoelèctrics, es deformen quan se'ls hi aplica una tensió. Si una de les cares del cristall s'uneix un con abotzinat, aquest patirà desplaçaments capaços de produir una pressió oscil·lant dins d'un rang de freqüència audible, de baixa

frequència. Aquests brunzidors són senzills, barats i utilitzen molt poca energia elèctrica pel seu funcionament.

Per altra banda, el brunzidor magnètic és encara més senzill, ja que és el que estem més acostumats. Té el funcionament que tenen els altaveus. En aplicar una tensió a una bobina es genera un camp magnètic que provoca un moviment per efecte de tracció o repulsió que exerceix sobre un o uns quants imants dels quals estigui dotat el brunzidor.

5.5.1. Brunzidor actiu piezoelèctric

Tenen un oscil·lador incorporat (actiu) i els diferents tons són generats per un diafragma piezoelèctric (piezoelèctric). Com que és un brunzidor actiu, l'alimentació ha de ser en corrent continu o d'ona quadrada i el voltatge de funcionament serà d'entre 12 i 220 V i el consum de corrent serà inferior a 20 mA pel fet que es tracta d'un piezoelèctric. La pressió sonora es trobarà entre 85 i 120 dB. Un possible brunzidor d'aquestes característiques és el model **238-038** del fabricant *RS PRO* o el **KY-012**.

5.5.2. Brunzidor actiu electromagnètic

Aquests també tenen l'oscil·lador integrat (actiu) i els tons es generen a partir d'un brunzidor magnètic (electromagnètic). Igual que en el cas anterior, sent un brunzidor actiu, l'alimentació ha de ser en corrent continu o d'ona quadrada. En canvi, com en aquest es tracta d'un "buzzer" electromagnètic, el voltatge de funcionament entre els diferents models oscil·larà entre els 1,5 i 12 V i el consum de corrent serà superior als 20 mA. Un exemple que es troba al mercat és el model **BUZ-ACT5V** del fabricant "tiendatec".

5.5.3. Brunzidor passiu piezoelèctric

El tipus de brunzidor és passiu i piezoelèctric, és a dir, que no té oscil·lador incorporat i els tons es generen per un diafragma piezoelèctric. En aquest cas, en ser un brunzidor passiu, l'alimentació és en corrent altern. El voltatge de funcionament es diferenciarà entre els diferents models d'entre 12 i 220 V i el consum de corrent serà inferior a 20 mA perquè es tracta d'un piezoelèctric. La pressió sonora es trobarà entre 85 i 120 dB. Un exemple que es troba al mercat i que és barat és el **KY-006**.

5.5.4. Brunzidor passiu electromagnètic

El tipus de brunzidor és passiu i electromagnètic, és a dir, que no té oscil·lador incorporat i els tons es generen a partir d'un brunzidor magnètic. Com en el cas anterior, en ser un brunzidor passiu, l'alimentació és en corrent altern. El voltatge de funcionament es diferenciarà entre els diferents models d'entre 1,5 i 220 V i el consum de corrent serà superior a 20 mA perquè es tracta d'un

electromagnètic. La pressió sonora es trobarà entre 85 i 120 dB. Un exemple que es troba al mercat és el **STD-09042**.

És important tenir en compte que els bronzidors no es poden connectar directament al microcontrolador, sinó que són necessaris un transistor i una resistència, i fins i tot en alguns casos, un díode de protecció. És per això que en molts casos es troben mòduls bronzidors a la venda, que ja porten aquests elements incorporats.

5.6. Motor persiana

Pel disseny del projecte és necessari un motor pas a pas pel funcionament de la persiana. Un motor pas a pas és aquell motor de corrent continu sense escobretes que la rotació la divideix en un cert nombre de passos resultants de l'estructura del motor. Normalment, la revolució completa de l'eix de 360° es divideix en 200 passos, el qual significa que una sola carrera d'eix es fa cada 1,8°.

Existeixen 2 tipus de motor pas a pas: unipolar i bipolar. A causa del requisit que suposa que la persiana tant es pugui pujar com baixar, aquest motor ha de ser bipolar, ja que és la característica que permet el moviment en els dos sentits.

Alguns dels models de motors bipolars pas a pas són els següents: 28BYJ-48 amb el Driver L293D o L298 controlat amb Arduino. El model de motor també és utilitzat per projectes amb motor unipolar, el que fa possible que sigui bipolar és els models de Driver proposats.

Per altra banda, durant la recerca de possibles solucions s'ha trobat models de motor específics per a persianes, que faciliten la instal·lació del projecte. Alguns dels models són: **AMT45** o de SOMFY el model **MR 200 de 20NM**. El conjunt de la persiana amb el motor s'anomena persianes motoritzades i els motors que s'utilitzen en aquest tipus de producte són també pas a pas.

5.7. Display de visualització

5.7.1. LCD Display

Les pantalles LCD, "*Liquid Crystal Display*", són pantalles de poc gruix i planes formades per píxels en color o monocroms col·locats davant una font de llum o reflectora. És necessari un microcontrolador pel seu funcionament i existeixen de diferents mides, els més comuns són els de 16 x 2, 2 files i 16 columnes, i els 20 x 4, de 4 files i 20 columnes i diferents colors, sobretot en la presència o no d'un Backlight.

La connexió de LCD i el controlador es fa a partir d'un bus de 8 dades, però també es pot fer a partir d'un de 4 dades. A més a més, s'utilitza pins de control RS ("*chip select*"), RW (lectura/escriptura) i E ("*enable*"). Pel control de contrast s'usa una entrada analògica VEE el qual normalment s'empra un potenciòmetre per poder variar el contrast.

Existeix també un mòdul adaptador anomenat I2C PCF8574 el qual et permet fer ús de LCD amb només 4 pins, dels quals només 2 de dades.

En l'àmbit de programació en fer ús d'Arduino existeix una llibreria que permet programar els diferents models de LCDs anomenada "*LiquidCrystal*".

5.7.2. TFT LCD

Les pantalles TFT es poden utilitzar per a projectes d'electrònica i Arduino. Necessiten un controlador que tradueixi la informació rebuda als senyals necessaris de baix nivell per controlar l'electrònica del panell. Aquest controlador condiona l'esquema de connexió del codi que s'usa. A més moltes porten incorporat un controlador tàctil que permet fer que la pantalla sigui tàctil.

Existeixen diferents tipus de models de TFT i controladors disponibles, les pantalles varien entre 1,44" i 3,2", sent habituals entre els models el ST7735 per mida petita de 120 x 160 píxels, i l'ILI9341 per mides més grans de fins a 240 x 320 píxels.

La connexió és senzilla, simplement té els busos de dades del TFT amb l'Arduino (SCLK, MISO, MOSI, SS, RES i RS) i els pins d'alimentació clàssics de VCC i GND. La connexió de cada pantalla variarà tant pel model de pantalla que faci ús com controlador que s'escull.

Tal com amb la LCD existeix la llibreria "*LiquidCrystal*" en el cas de les pantalles TFT n'hi ha les següents: "*Adafruit ILI9341*", "*Adafruit ST7735*", "*Adafruit HX8357*", "*Zigwart QDTech*", "*Sumotoy ILI9163C*" totes ells inclouen la llibreria "*Adafruit GFX*" per realitzar els gràfics.

5.8. Connexió Bluetooth

5.8.1. Mòdul HC-05

El mòdul Bluetooth HC-05 permet connectar els projectes Arduino a un "*Smartphone*" sense fils (Bluetooth). El mòdul s'alimenta amb 3,3 V i té 6 pins (En, Vcc, GND, TX, RX i STATE). Aquest mòdul és ideal per projectes de robòtica, domòtica i control remot amb Arduino, PIC, Raspberry PI, etc.

Aquest mòdul permet funcionar tant com esclau com a mestre, és a dir, pot funcionar per només rebre ordres o per donar-les o també pot funcionar com a esclau, en aquest només rep ordres tot i que un

cop establerta la connexió pot haver-hi traspàs d'informació bidireccional. Compleix amb les especificacions estàndards Bluetooth 2.0 que és compatible amb els dispositius intel·ligents Android.

5.8.2. Mòdul HC-06

Aquest mòdul és molt semblant a l'anterior, la característica més important que els diferencia, és que aquest mòdul només pot treballar configurat en mode esclau. Físicament, es poden diferenciar perquè aquest només té 4 pins (Vcc, GND, TX i RX). També compleix amb les especificacions estàndards Bluetooth 2.0 que és compatible amb els dispositius intel·ligents Android.

6. Solució escollida

En aquest capítol es mostra el disseny final amb els elements escollits pel disseny real i es descriuen més detalladament amb les especificacions tècniques.

6.1. Microcontrolador

Pel disseny real s'opta pel microcontrolador ATmega2560, com que les seves prestacions són les necessàries pel disseny creat. Està fabricat amb tecnologia CMOS de 8 bits i baixa potència. Mitjançant l'execució d'instruccions en un sol cicle de rellotge, aquest microcontrolador pot arribar als rendiments d'1 MIPS per MHz cos que permet al dissenyador del sistema optimitzar el consum d'energia en vers la velocitat de processament. Les especificacions tècniques es poden trobar als apartats 5.2.4 i a la taula comparativa del punt 5.2.5. (16)



Figura 6.1.-Microcontrolador ATmega2560. Font:(16).

A la següent figura és un esquema del pinout del microcontrolador:

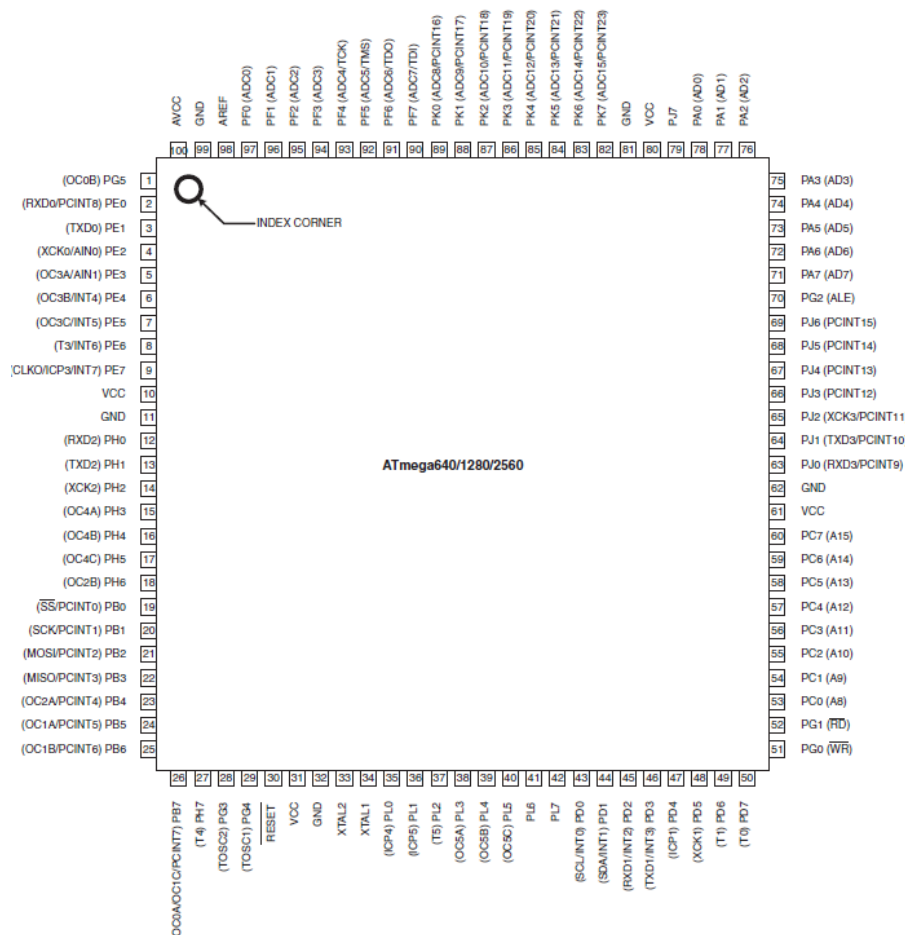


Figura 6.2.- Pinout del microcontrolador ATmega2560. Font: (16).

6.2. Sensor de temperatura

S’escull el DHT22, ja que tot i no tenir una velocitat de mostratge ràpida, aquesta característica no és primordial per la nostra aplicació, la resta de característiques s’ajusten a la necessitat del projecte, bona resolució i un abast de les temperatures ambients que hi ha a un habitatge amb clima mediterrani. A més, ens proporciona un sensor de temperatura que pot ser d’interès també.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge d'alimentació: de 3 a 6 V.
- Rang de mesura de temperatura: -40° a +80 °C.
- Precisió de mesura de temperatura: < ±0,5 °C.
- Resolució de temperatura: 0,1 °C.
- Rang de mesura d'humitat: de 0 a 100% RH.
- Precisió de mesura d'humitat: 2% RH.

- Resolució d'humitat: 0,1% RH.
- Temps de sensat: 2 s.
- Dimensions 20 x 15 x 8 mm.
- Preu: 9,09 €.



Figura 6.3.- Sensor de temperatura i humitat DHT22. Font: (17)

6.3. Sensor de presència

La solució escollida és la del sensor d'infraroig o anomenat també PIR, és del tipus passiu, a més és molt sensible a la detecció de la temperatura de la pell de les persones. Detecta la temperatura del cos en comparació a la temperatura dels objectes del fons.

En el cas del prototip s'ha optat pel model de sensor **hc-SR01** que ja porta incorporat el controlador (BISS0001) del sensor de moviment (LHI778), tots els components necessaris per al seu funcionament, els pins de sortida i entrada per la connexió amb el microcontrolador i addicionalment dos potenciómetres per ajustar la sensibilitat de detecció (la distància, que pot anar de 3 a 7 metres) i l'altre per l'ajust del temps que es vol donar el senyal al μC . A més té un "jumper" amb el que poder triar si es vol que el senyal correspongui al temps ajustat amb el segon potenciómetre o que tingui un sol senyal.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge d'alimentació: de 5 a 12 V.
- Consum mig: 1 mA.
- Angle de detecció: con de 110°.
- Sortida d'alarma activa a nivell alt de 3,3 V i 5 mA.
- Temps de sortida inactiva: 3 segons després de l'activació.
- Temperatura d'operació: -15° a +70 °C.
- Dimensions: 3,2 x 2,4 x 1,8 cm.
- Preu: 6,99 €.

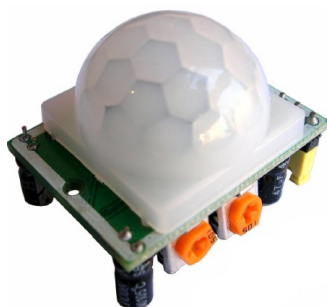


Figura 6.4.-Mòdul de sensor de presència PIR, hc-SR01. Font:(18)

6.4. Sensor magnètic

El sensor magnètic és el 918-2678 del fabricant RS PRO, aquest porta incorporat un cable de 75 cm de longitud. És un interruptor normalment obert.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge màxim de commutació: 50 V AC/DC.
- Corrent màxim de commutació: 0,5 A.
- Distància de funcionament: 30 mm.
- Temperatura de funcionament: -40° a 85 °C
- Dimensions: 72 mm x 17 mm x 10 mm.
- Preu: 17,40 €



Figura 6.5.- Sensor magnètic 9182687 RS PRO. Font:(12).

6.5. Enllumenat

Pel que fa a l'alarma visual per a les persones que pateixen sordesa, es fa ús de LED electrònics típics.

Per l'altre tipus d'il·luminació, la de la resta de l'habitatge a causa de l'eficiència energètica d'aquestes i la varietat d'opcions del mercat, es trien les làmpades LED GU10 de 2.700 K de temperatura de color, il·luminen una àrea d'1 a 2 m² i són orientables.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Color: Blanc càlid.
- Graus d'orientació: 20.
- Graus d'il·luminació: 100.
- Tensió d'alimentació: 220 -240 V.
- Potència: 5,4 W.
- Índex de protecció: IP20.
- Diàmetre: 8,2 cm.
- Pes: 0,4 g.
- Preu: 25,99 €/5 unitats.

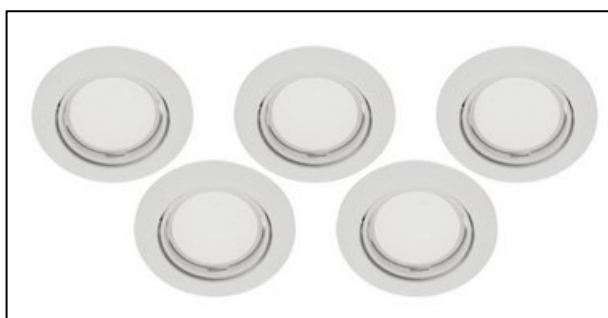


Figura 6.6.- Pack 5 bombetes LED GU10. Font: (19).

Les anteriors, però no són aptes per l'ús als banys pel seu baix índex de protecció a la humitat. És per aquesta raó que per aquests espais s'han escollit els focos led INSPIRE que té un índex de protecció superior.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Color: Blanc neutre.
- Graus d'il·luminació: 100.
- Tensió d'alimentació: 220 -240 V.
- Potència: 5,5 W.

- Índex de protecció: IP44.
- Diàmetre: 12 cm.
- Pes: 190 g.
- Preu: 7,99 €.

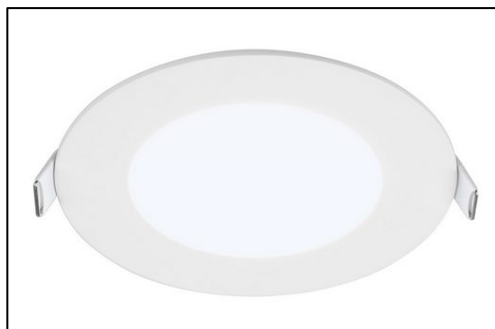


Figura 6.7.- Foco led INSPIRE. Font: (20).

Tal com es veu a les especificacions tècniques, aquestes bombetes funcionen a un voltatge d'alimentació de 220 – 240 V. Voltatge que no pot assumir el microcontrolador. És per això que per a la connexió d'aquestes llums amb el microcontrolador són necessaris altres elements. Aquests són: una resistència, un transistor BJT, un díode i un relé. Connectats com es mostra a continuació:

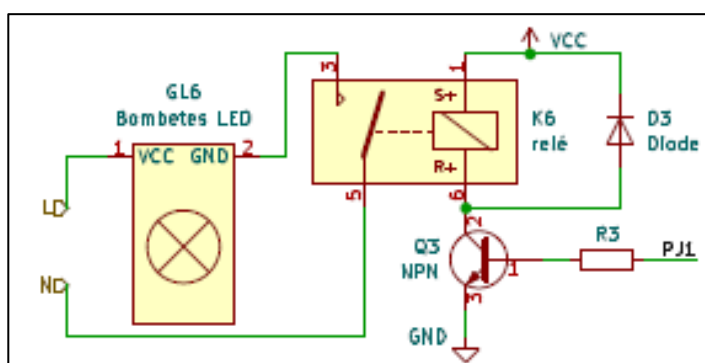


Figura 6.8.- Connexió bombetes LED amb el microcontrolador. Font: pròpia.

Per fer el càlcul de la resistència s'ha escollit un relé capaç d'aguantar un voltatge de commutació de 240 V i que tinguin un voltatge d'alimentació de la bobina de 5 V. Aquests és el **SRD-05VDC-SL-C** del fabricant SONGLE. I un transistor BJT i NPN, **2SC3648**. A partir de les especificacions tècniques d'aquests components i les següents equacions es troba el valor de resistència necessari perquè el transistor funcioni en mode saturació quan es vulgui encendre el llum.

Per tal que el transistor treballi en saturació cal que es compleixi aquesta equació:

$$\beta_{min} \cdot I_B \geq I_{C(SAT)} \quad (\text{eq.1})$$

On $I_{C(SAT)}$ és:

$$I_{C(SAT)} = \frac{V_{CC} - (V_{ce})}{R_{interna}} = \frac{5 - 0,4}{70} = 65,7 \text{ mA} \quad (\text{eq. 2})$$

Per tant,

$$I_B \geq \frac{I_{C(SAT)}}{\beta_{min}} = \frac{0,0657}{95} = 0,69 \text{ mA} \quad (\text{eq.3})$$

Llavors,

$$R_B = \frac{V - V_{Be}}{I_B} = \frac{4,3 - 1,2}{0,00069} = 4.482,49 \Omega \quad (\text{eq.4})$$

Que normalitzada és de 4.480 Ω .

EL díode connectat en paral·lel a la bobina del relé és un díode rectificador 1N4004.

6.6. Brunzidor

Dels quatre tipus de brunzidors proposats en l'apartat 5.5 el passiu piezoelèctric és el que s'utilitzarà per al disseny. La tria s'ha fet pensant que tot i no sé tant barat com l'actiu piezoelèctric, aquest permet la creació de diferents tons segons la freqüència d'entrada. Els tons oscil·len entre 1,5 Hz i els 2,5 kHz. Això permetrà crear diferents tons pel timbre i l'alarma, i fins i tot fer melodies.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge de funcionament: 1,5 a 5,5 V.
- Corrent màxim: 25 mA.
- Freqüència de generació de tons: 1,5 Hz a 2,5 kHz.
- Dimensions: 18 mm x 15 mm.
- Pes: 4 g.
- Pins: GND, VCC i Senyal.

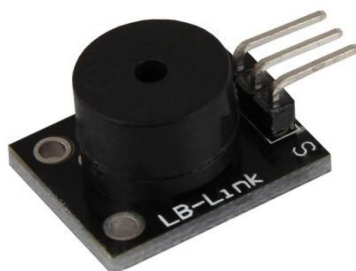


Figura 6.9.- Mòdul brunzidor KY-006. Font: (21).

6.7. Persiana

La persiana motoritzada escollida és el model MR 200 de 20NM del fabricant Somfy. Aquest motor està dissenyat per ser fàcil d'instal·lar i inclou tots els components necessaris per al seu muntatge. El model triat és un exemple, ja que les dimensions de les persianes poden variar a casa habitatge que es vulgui fer la instal·lació. Aquesta persiana inclou: el motor, la persiana, els detectors finals de cursa i els interruptors.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge d'alimentació: 230 V/ 50 Hz.
- Potència: 140 W.
- Índex de protecció: IP44.
- Incorporats finals de carrera.
- Preu: 135 €.



Figura 6.10.- Persiana motoritzada MR 200 de 20 NM. Font: (22).

La connexió amb el microcontrolador té el mateix cas que amb l'enllumenat, és necessari l'aïllament dels motors amb la resta del circuit del microcontrolador per tal de protegir-lo. Tant el transistor com el relé que s'utilitzen per a aquesta connexió són els mateixos que els de l'anterior així que el valor de la resistència també serà el mateix.

Aquests components són:

- Transistor BJT NPN: 2SC3648.
- Relé: SRD-05VDC-SL-C.
- Resistència: 4.480 Ω .
- Díode: 1N4004

6.8. LCD

Pel disseny real sobta per la versió de LCD de 2004, és una pantalla de 20 caràcters per 4 línies. A més com que aquesta LCD necessita 7 ports IO per poder funcionar s'incorpora el dispositiu I2C per així fer més senzilla la connexió amb el microcontrolador i només necessitar 2 pins IO.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge d'alimentació: 5 V.
- Corrent d'entrada: 125 mA.
- Comunicació: I2C.
- Color fons: Blau.
- Color del text: Blanc.
- Dimensions: 98 x 60.
- Pins: GND, VCC, SDA i SCL.



Figura 6.11.- LCD i I2C. Font: (23).

A la següent figura es pot veure la cara del darrere del mòdul i intuir la connexió de LCD amb el mòdul I2C.



Figura 6.12.- LCD 2004 i I2C cara posterior. Font: (23).

6.9. Connexió Bluetooth

S'utilitza el mòdul HC-06, ja que per aquesta aplicació només és necessari que el projecte funcioni en mode esclau, perquè la connexió sense fils que es necessita és només per rebre ordres del telèfon intel·ligent.

L'HC-06 té 4 pins:

- RX, recepció, és el pin per on es reben les dades de la placa Arduino els quals es transmetran per Bluetooth. Aquest pin va connectat al Pin TX de l'Arduino.
- TX, transmissió de dades, és el pin per on es transmeten les dades que arriben des del dispositiu connectat per Bluetooth. Aquest pin va connectat al Pin RX de l'Arduino.
- GND, Voltatge negatiu d'alimentació, s'ha de connectar al GND de l'Arduino.
- Vcc, Voltatge d'alimentació.

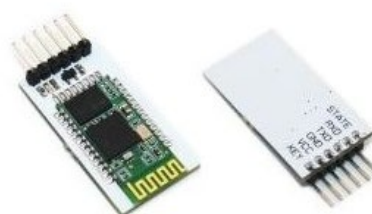


Figura 6.13.- Mòdul Bluetooth HC-06. Font: (24)

6.10. Font d'alimentació

La font d'alimentació utilitzada és del fabricant AZDelivery AC-05-3. Té un disseny de llarga vida amb una fiabilitat de temps de treball continu de més de 100.000 hores a més té protecció contra curtcircuits.

Les Especificacions tècniques son les següents:

- Tensió d'entrada: 100-240 VAC / 50-60 Hz.
- Tensió de sortida: 5VDC .
- Potència de consum: 3W.
- Voltatge d'aïllament: 3000 VAC.
- Dimensions: 35 mm x 20 mm x 15 mm.
- Preu: 8,49 €.



Figura 6.14.- Convertidor AC-05-3. Font: (25).

6.11. Interruptors i pulsadors

Els interruptors o pulsadors utilitzats són els següents:

- Interruptors per les llums: LEXMAN. (26)
- Interruptor alarma ON/ OFF: PRASA1-16F-BB0BW.(27)
- Interruptor motor persiana: venen incorporats amb la persiana motoritzada.
- Pulsadors LCD: 1301.9314.24 de Schurter. (28)

6.12. Oscil·lador de Quars

Un oscil·lador de cristall de Quars és un circuit electrònic que genera una sortida oscil·lant repetitiva, variar d'un valor a un altre cada cert temps, com faria una senyal de corrent alterna en ona sinusoidal. En el disseny d'aquest projecte, es fa ús del TTL DIP 16 Mhz – NIC8717

Les especificacions tècniques són les següents:

- Freqüència: 16 MHz.
- Temperatura operativa: -20 °C – 70 °C.

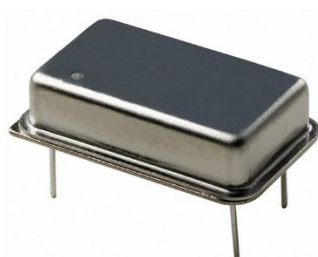


Figura 6.15.- Oscil·lador de quars NIC8717. Font: (29).

6.13. Disseny final

6.13.1. Disseny instal·lació

Per fer el disseny final de l'aplicació s'ha suposat un pis base de 70 m² que consta de 2 habitacions, un lavabo, la cuina, el menjador i un passadís. La cuina i el menjador són oberts i tenen un finestral gran que dona a l'exterior. En el passadís, a un cantó s'hi troba el lavabo i a l'altre les dues habitacions.

Un cop descrit el pis, es quantifiquen els sensors i actuador que necessita aquest habitatge en concret.

Taula 6.1.- Components necessaris pel sistema del pis base

1 x ATMEGA 2560	1 x Sensor de temperatura (DHT22)
1 x Sensor de presència (hc-SR01) (passadís)	3 x Sensor magnètic (RS PRO) (porta + 2 finestrals)
23 x Bombeta LED (GU10)	4 x Bombeta LED (led INSPIRE) (lavabo)
10 x Relé (SRD-05VDC-SL-C)	10 x Transistor (2SC3648)

2 x Brunzidor(KY-006)	2 x Persiana motoritzada (MR 200 de 20NM)
1 x Display LCD + I2C	1 x Connectivitat Bluetooth (HC-06)
5 x Interruptor llums	1 x interruptor alarma
2 x interruptors persianes	2 x pulsadors LCD

A continuació hi ha un diagrama de blocs que resumeix de manera senzilla i visual el disseny del sistema.

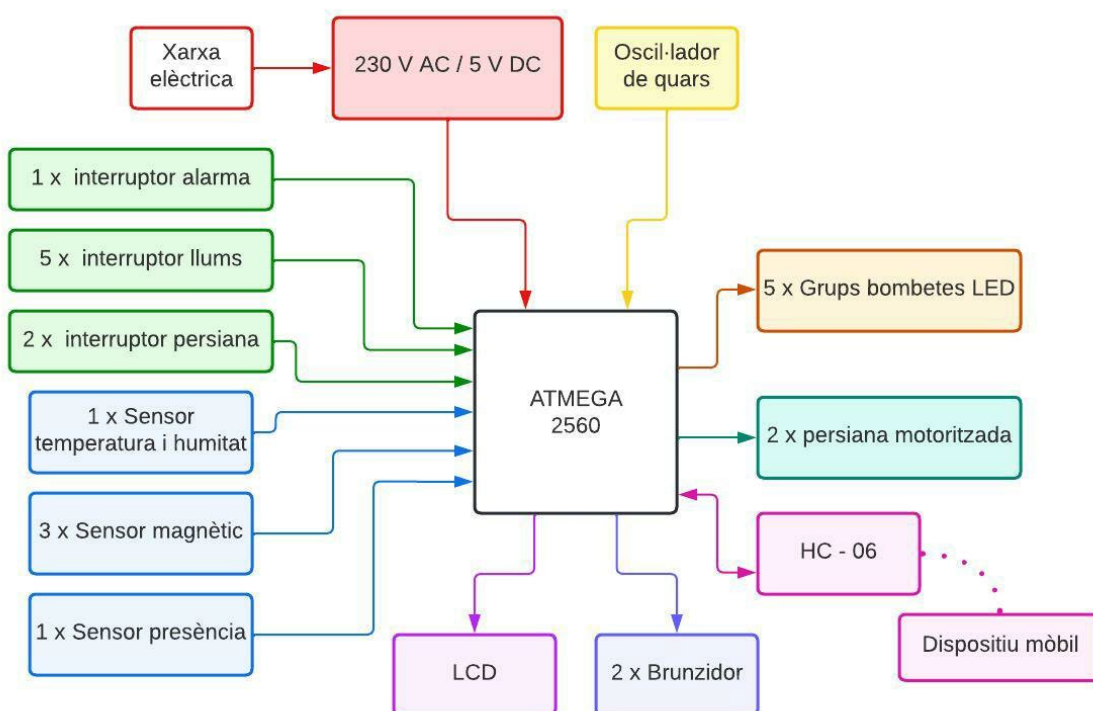


Figura 6.16.- Diagrama de blocs del disseny del sistema. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

6.13.2. Esquema elèctric

A la figura 6.12 es pot observar el disseny real de l'esquema elèctric general. Aquest plànol es troba en el document de plànols i és el número 1.

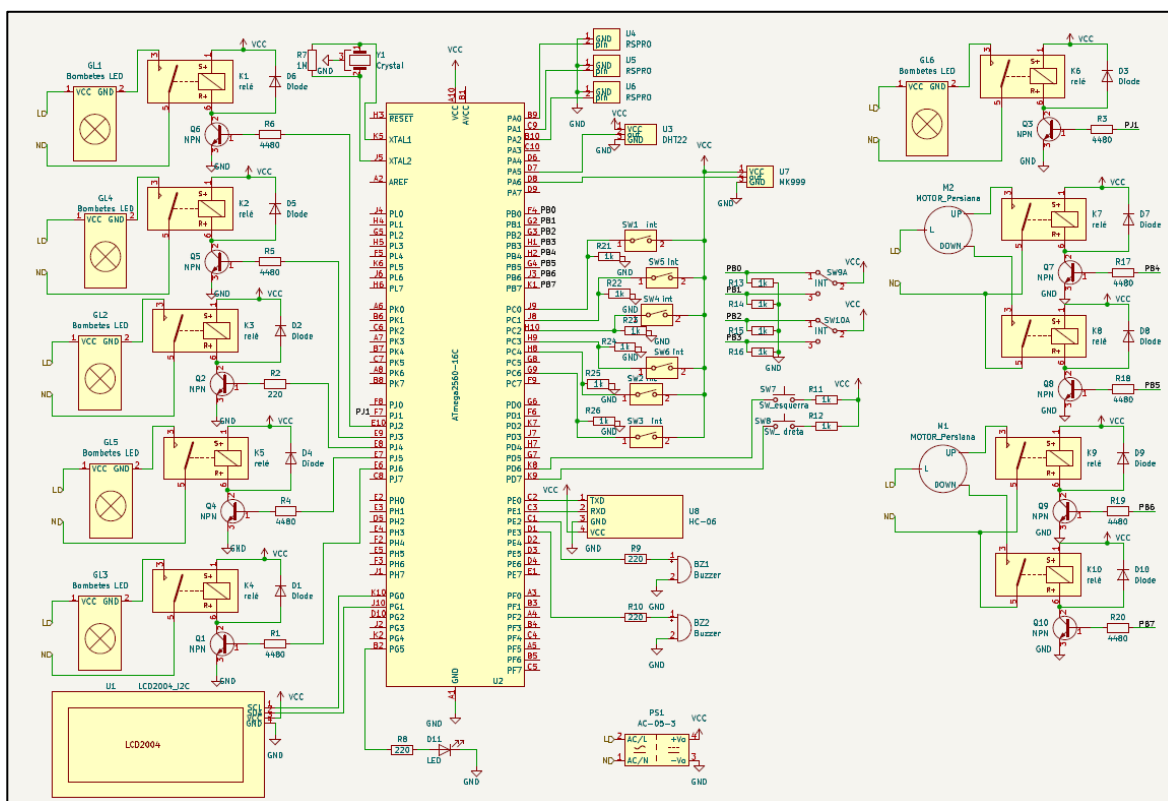


Figura 6.17.- Esquema general. Plànol nº 1. Font: pròpia, mitjançant KiCad.

A continuació les connexions als ports corresponents.

Taula 6.2.- Connexions ports ATMEGA 2560.

Port ATmega2560	Tipus de Pin	Component
PA0	Digital	Sensor magnètic Porta principal (RS-PRO)
PA1	Digital	Sensor magnètic Finestral 1 (RS-PRO)
PA2	Digital	Sensor magnètic Finestral 2 (RS-PRO)
PA5	Digital	Sensor Temp. i Hum. (DHT22)
PA6	Digital	Sensor Presència (hc-SR01)
PB0	Digital	Interruptor persiana 1 pujada
PB1	Digital	Interruptor persiana 1 baixada

PB2	Digital	Interruptor persiana 2 pujada
PB3	Digital	Interruptor persiana 2 baixada
PB4	Digital (PWM)	Motor persiana 1 pujada
PB5	Digital (PWM)	Motor persiana 1 baixada
PB6	Digital (PWM)	Motor persiana 2 pujada
PB7	Digital (PWM)	Motor persiana 2 baixada
PC0	Digital	Interruptor llums hab. 1
PC1	Digital	Interruptor llums hab. 2
PC2	Digital	Interruptor llums cuina
PC3	Digital	Interruptor llums menjador
PC4	Digital	Interruptor llums lavabo
PD6	Digital	Botó Esquerra LCD
PD7	Digital	Botó Dreta LCD
PE0	Digital (RX)	HC-06 (TXD)
PE1	Digital (TX)	HC-06 (RXD)
PE2	Digital (PWM)	Brunzidor timbre
PG0	Digital	SCL I2C LCD
PG1	Digital	SDA I2C LCD
PG5	Digital (PWM)	LED timbre sord
PJ1	Digital (TX)	Llums hab. 1
PJ2	Digital	Llums hab. 2
PJ3	Digital	Llums cuina
PJ4	Digital	Llums menjador
PJ5	Digital	Llums lavabo
PJ6	Digital	Llums passadís
XTAL1		Crystal
XTAL2		Crystal
VCC		+Vout AC-05-3
GND		-Vout AC-05-3

Taula 6.3.- Components de l'esquema general.

Nom a l'esquemàtic	Component
R1	Resistència 1M del cristall de Quars
R2	Resistència 4480 Ω
R3	Resistència 4480 Ω
R4	Resistència 4480 Ω
R5	Resistència 4480 Ω
R6	Resistència 4480 Ω
R7	Resistència 1 M Ω Resistència 4480 Ω
R8	Resistència 220 Ω
R9	Resistència 4480 Ω
R11	Resistència 1000 Ω
R12	Resistència 1000 Ω
R13	Resistència 1000 Ω
R14	Resistència 1000 Ω
R15	Resistència 1000 Ω
R16	Resistència 1000 Ω
R17	Resistència 4480 Ω
R18	Resistència 4480 Ω
R19	Resistència 4480 Ω
R20	Resistència 4480 Ω
R21	Resistència 1000 Ω
R22	Resistència 1000 Ω
R23	Resistència 1000 Ω
R24	Resistència 1000 Ω
R25	Resistència 1000 Ω
R26	Resistència 1000 Ω
D1	Díode
D2	Díode
D3	Díode
D4	Díode

D5	Díode
D6	Díode
D7	Díode
D8	Díode
D9	Díode
D10	Díode
D11	LED timbre
PS1	Font d'alimentació AC-05-3
Y1	Crystall
BZ1	Buzzer
BZ2	Buzzer
U1	LCD 2004 + I2C
U2	Atmega2560-16C
U3	DHT22
U4	RS PRO
U5	RS PRO
U6	RS PRO
U7	Hs-SR01
U8	HC-06
Q1	Transistor NPN
Q2	Transistor NPN
Q3	Transistor NPN
Q4	Transistor NPN
Q5	Transistor NPN
Q6	Transistor NPN
Q7	Transistor NPN
Q8	Transistor NPN
Q9	Transistor NPN
Q10	Transistor NPN
K1	Relé
K2	Relé

K3	Relé
K4	Relé
K5	Relé
K6	Relé
K7	Relé
K8	Relé
K9	Relé
K10	Relé
GL1	Bombetes LED
GL2	Bombetes LED
GL3	Bombetes LED
GL4	Bombetes LED
GL5	Bombetes LED
GL6	Bombetes LED
SW1	Interruptor alarma
SW2	Interruptor llums
SW3	Interruptor llums
SW4	Interruptor llums
SW5	Interruptor llums
SW6	Interruptor llums
SW7	Polsador LCD esquerra
SW8	Polsador LCD dret
SW9	Interruptor motor persiana 1
SW10	Interruptor motor persiana 2
M1	Motor persiana 1
M2	Motor persiana 2

6.13.3. Placa de circuit imprès

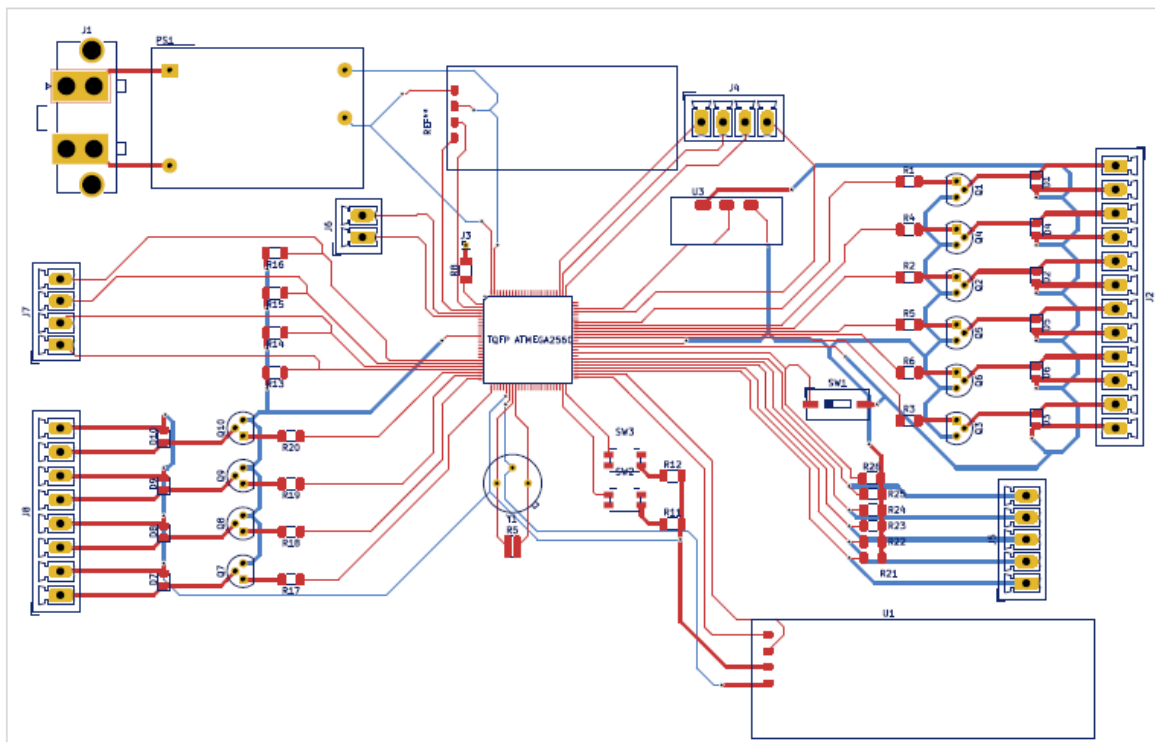


Figura 6.18.- Placa de circuit imprès. Pistes de coure i components. Cara frontal: vermell, cara posterior: blau. Font: pròpia, mitjançant KiCad.

Al document de plànols, s’hi troben els plànols de la PCB, l’anterior, on es visualitza les pistes tant frontals com posteriors i el components, i dos més, un per a cada cara de la placa amb les pistes corresponents. Aquests últims són en blanc i negre per està llestes per la impressió posterior.

7. Prototip de proves

7.1. Microcontrolador

Finalment, la placa Arduino escollida ha estat “*Arduino DUE BOARD*” que com ve s’ha descrit al capítol anterior conté el microcontrolador Atmel SAM3X8E ARM Cortex-M3, aquesta és la característica que els diferencia més dels altres models, i que permet tenir una placa de desenvolupament amb microcontrolador més potent que permet fer projectes més exigents. La resta de característiques d’aquesta placa estan descrites amb detall al capítol Possibles solucions al subapartat 5.2. Models d’Arduino, 5.2.3 Arduino DUE.

7.2. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura emprat per al prototip de proves és el mateix que pel disseny real. (figura 6.2).

La connexió del qual és la següent:

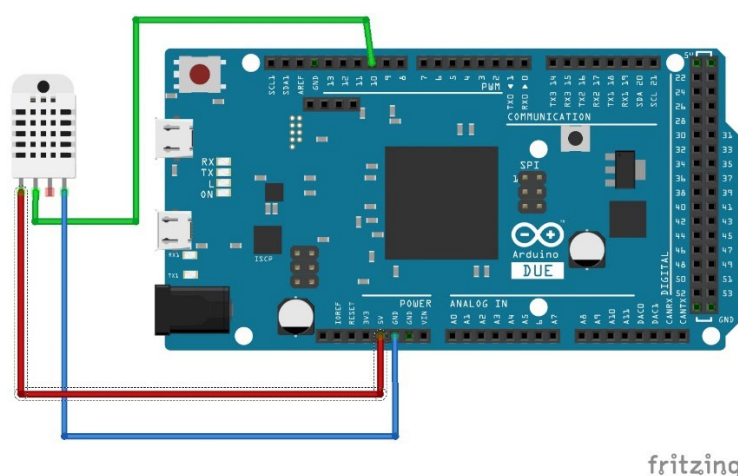


Figura 7.1.- Connexió del sensor DHT22 a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing

7.3. Sensor de presència

En el cas del sensor per a la funcionalitat de que les llums s’activin de manera automàtica quan hi passi algú, en el prototip de proves s’ha utilitzat el mateix que en el disseny real el hc-SR01. (figura 6.3)

La connexió del qual és la següent:

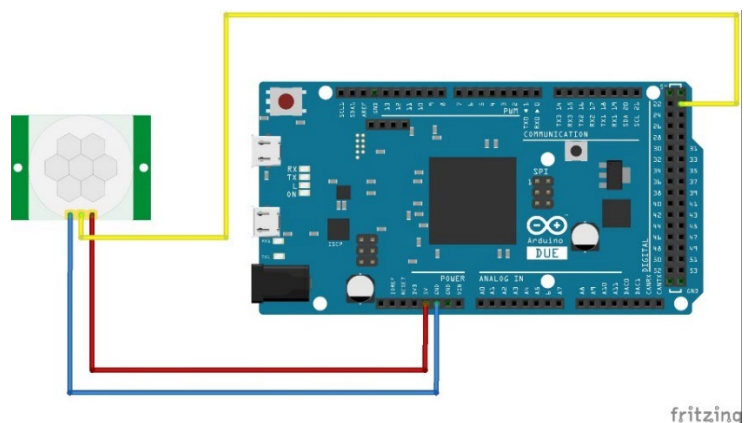


Figura 7.2.- Connexió del mòdul del sensor hc-SR01 a l'Arduino. Font: pròpia mitjançant Fritzing.

7.4. Sensor magnètic

S'opta pel prototip el sensor magnètic MC-38, ja que és un model barat i que compleix amb les especificacions i funcionalitats necessàries pel funcionament d'aquests.

Les especificacions tècniques són les següents:

- Voltatge d'alimentació màxim: 100 V.
- Corrent màxim: 0,5 A.
- Potència nominal: 3 W.
- Normalment tancat (NC).
- Distància d'activació mínima: 15 mm.
- Distància d'activació màxima: 25 mm.
- Cable de 25 cm.
- Dimensions: 27 mm x 14 mm x 8 mm.



Figura 7.3.- Sensor magnètic per a portes o finestres, MC-38. Font:(11).

La connexió del qual és la següent:

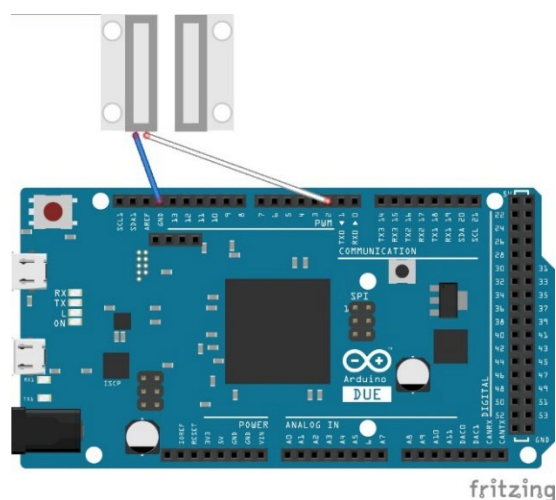


Figura 7.4.- Connexió del sensor MC-38 a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing.

Per a la connexió d'aquest sensor s'ha prescindit de fer ús d'una resistència que faci la funció de resistència "pull-up" a través de programar el pin com a tal.

7.5. Enllumenat

El prototip consta de quatre funcions que usen llums, a totes elles s'ha optat per utilitzar llums de díode LED. Cada un consta de dues patilles, la llarga connectada al pol positiu (ànode) i la curta al negatiu (càtode).

S'han fet servir els següents per a cada una de les aplicacions:

- LED vermell mida petita: per la simulació de la persiana. Pin D13.
- LED vermell mida gran: simula la llum del passadís. Pin D16.
- LED groc mida gran: simula la llum de parts de la casa com podria ser el menjador. Pin D22.
- LED verd mida gran: simula l'alarma per persones sordes del timbre. Pin D14.



Figura 7.5.- Conjunt de LED com els utilitzats pel prototip, de diferents colors i mides. Font: (30).

La connexió del qual és la següent:

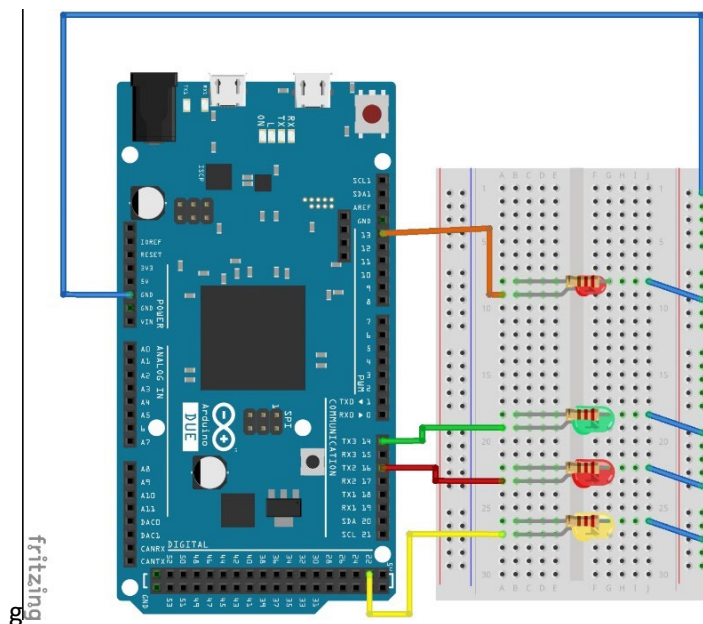


Figura 7.6.- Connexió dels diferents LEDs a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing.

Els LED estan connectats al pin de l'Arduino que els correspon per l'ànode (+) i pel càtode (-) tenen una resistència de 220 Ω connectada en sèrie a massa (GND, -).

7.6. Brunzidor

El tipus de brunzidor triat és l'actiu piezoelèctric, el mòdul KY-012. Produeix un so d'un mateix to quan el senyal és alta, aproximadament d'uns 2,5 kHz. S'ha optat per aquest model, ja que no és un model car i no és necessària la característica de produir diferents tons en utilitzar-lo.

Les seves característiques són:

- Tensió d'alimentació: de 3,5 a 5,5 V.
- Corrent màxim: 30 mA.
- Freqüència de ressonància: 2500 Hz \pm 300 Hz.
- Sortida de so mínima: 85 dB a 10 cm.
- Temperatura de funcionament: -20 °C a 70 °C.
- Dimensions: 18,5 mm x 15 mm.



Figura 7.7.- Mòdul brunzidor KY-012. Font: (21).

La connexió del qual és al següent:

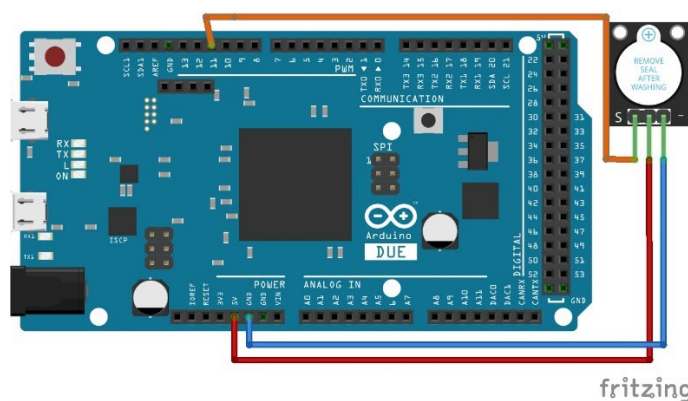


Figura 7.8.- Connexió del mòdul KY-012 a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing.

7.7. MOTOR PAS A PAS

Com es pot deduir a l'apartat 6.1.5. Enllumenat, per la simulació de la persiana s'ha fet ús d'un LED. Així que finalment pel prototip es prescindeix de la compra del motor.

7.8. LCD

El "display" seleccionat és una pantalla LCD de 16 x 02 que a més porta incorporat un petit teclat que consta de 6 polsador que permeten poder navegar entre pantalles o fins i tot fer-ne ús d'aquest per a altres aplicacions. El model és de Whadda LCD 1602 & KEYPAD SHIELD.

Les seves característiques són:

- Tensió d'alimentació: 5 V.
- Llum blava de fons amb contrast de llum blanca.
- Potenciòmetre per l'ajust del contrast.
- Única sortida analògica dels botons.
- Dimensions: 3,80 x 7,80 x 15,50 cm.



Figura 7.9.- LCD1602 KEYPAD SHIELD. Font: (31).

La connexió del qual és la següent:

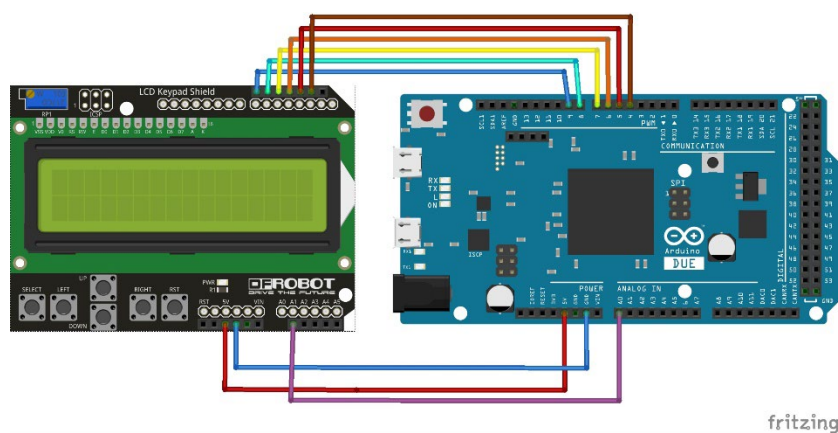


Figura 7.10.- Connexió de LCD & KEYPAD a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing.

7.9. Connexió Bluetooth

Per la connexió Bluetooth s'ha optat per fer ús del mateix dispositiu que al disseny real, l'HC-06 (figura 6.11)

La connexió de la qual:

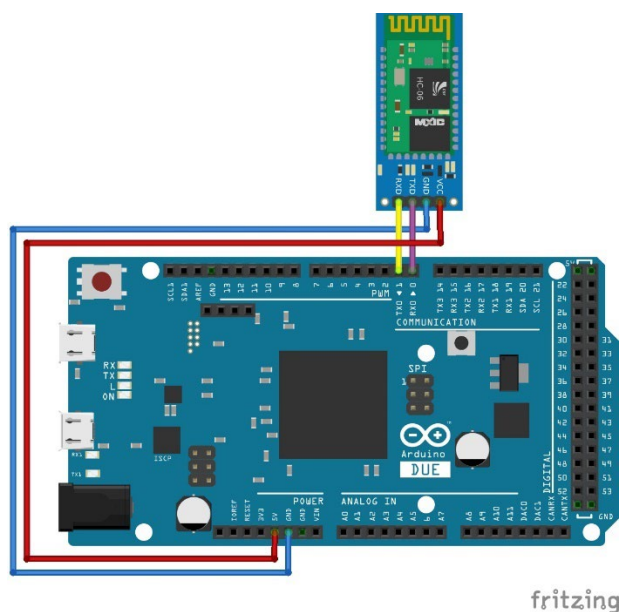


Figura 7.11.- Connexió de l'HC-06 a l'Arduino. Font: pròpia, mitjançant Fritzing.

7.10. Connexions del prototip

La taula següent conté les connexions de cada pin de l'Arduino amb el port que el correspon al microcontrolador.

Taula 7.1.- Mostra les connexions corresponents de cada pin.

Pin Físic SAM3X	Núm. Pin Placa	Connexió
PB25	D2	Sensor porta
PC28	D3	Interruptor activar alarma
PA29 i PC26	D4	LCD pin4
PC25	D5	LCD pin5
PC24	D6	LCD pin6
PC23	D7	LCD pin7
PC22	D8	LCD rst

PC21	D9	LCD E
PA28 i PC29	D10	DHT22 Vout
PD7	D11	Buzzer Senyal
PD8	D12	Polsador llums LED
PB27	D13	Motor persiana (LED petit)
PD4	D14	Led timbre (LED verd)
PD5	D15	Timbre (polsador)
PA13	D16	Llum passadís (LED vermell)
PB26	D22	Llum (LED groc)
PA14	D23	Sensor presència
PA16	D54 (A0)	LCD botons

A continuació es mostra les connexions finals del prototip:

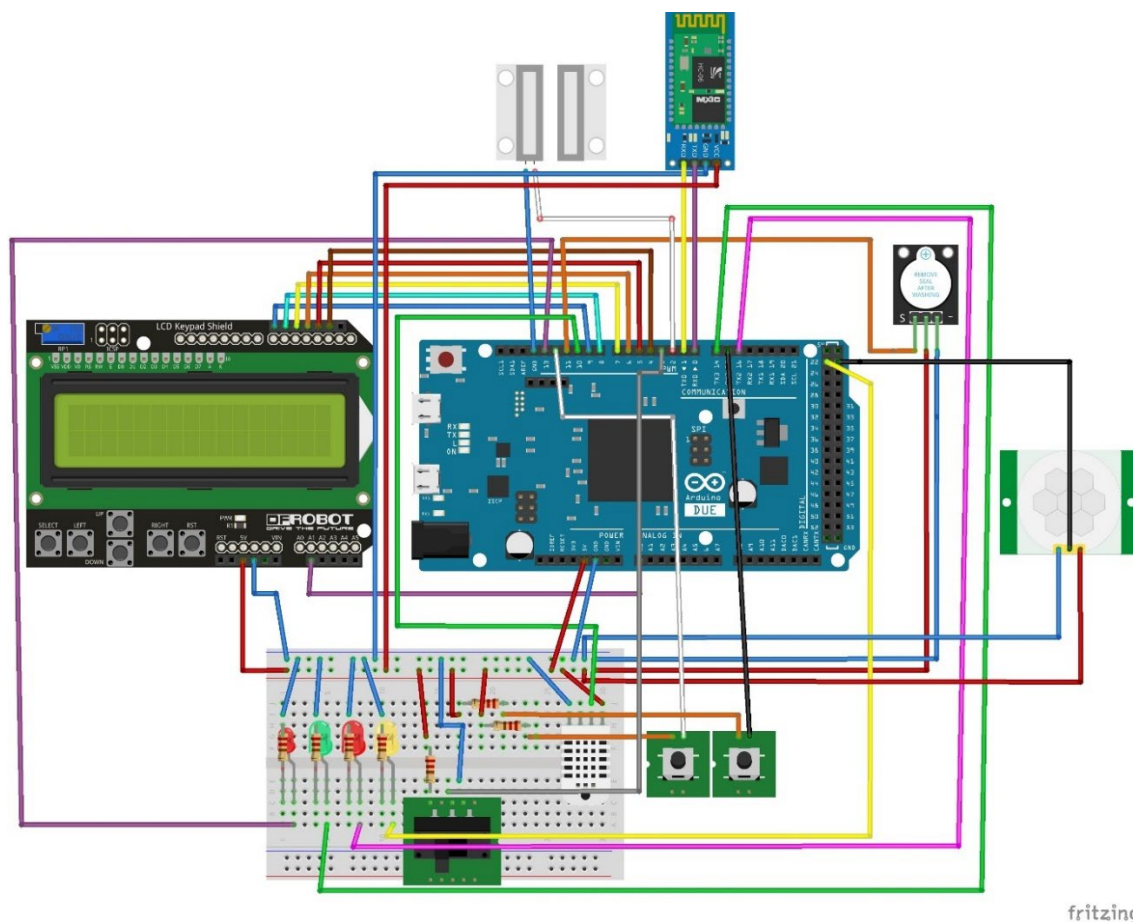


Figura 7.12.- Connexió completa del prototip de proves. Font: pròpia mitjançant Fritzing.

8. SOFTWARE

8.1. Programa principal

L'estructura del programa és la de qualsevol programa en C++ senzilla. Consta de 3 parts diferenciades: la primera o prèvia, el "setup" i el "loop".

La primera no és cap funció, està composta per la crida de llibreries, definició d'objectes, variables i funcions que s'utilitzaran durant el programa. Les llibreries fetes servir en aquest programa són les següents:

- "LiquidCrystal", per fer ús de la pantalla LCD.
- "DHT", per l'ús del sensor de temperatura i humitat DHT22
- "DueTimer", per poder incloure i fer ús dels temporitzadors.

La segona part de l'estructura és la funció "setup", aquesta és l'encarregada de la configuració i només s'executa una vegada a l'inici del funcionament. Conté la inicialització de: la pantalla LCD, el sensor DHT22, les interrupcions i la connexió serial pel dispositiu Bluetooth HC-06. També conté totes les definicions del comportament de cada pin en ús del microcontrolador.

L'última, el "loop", és la part que conté el programa que s'executarà cíclicament. Conté la lectura d'entrades, activació de sortides, la crida d'altres funcions a executar, etc. I és el nucli de les diferents funcions que s'han programat per tal d'executar totes les funcionalitats. Que són les següents:

- Temperatura i humitat (DHT22)
- Alarma d'obertura de porta
- Timbre
- Control llums (per exemple: del menjador o alguna habitació)
- Control llums per moviment
- Control Persianes

El programa complet es pot trobar a l'ANNEX A comentat. A més a l'ANNEX B i C hi ha la connexió i programa, respectivament, per a la configuració del dispositiu Bluetooth HC-06. Aquest programa també és mitjançant llenguatge C++.

8.1.1. Temperatura i Humitat

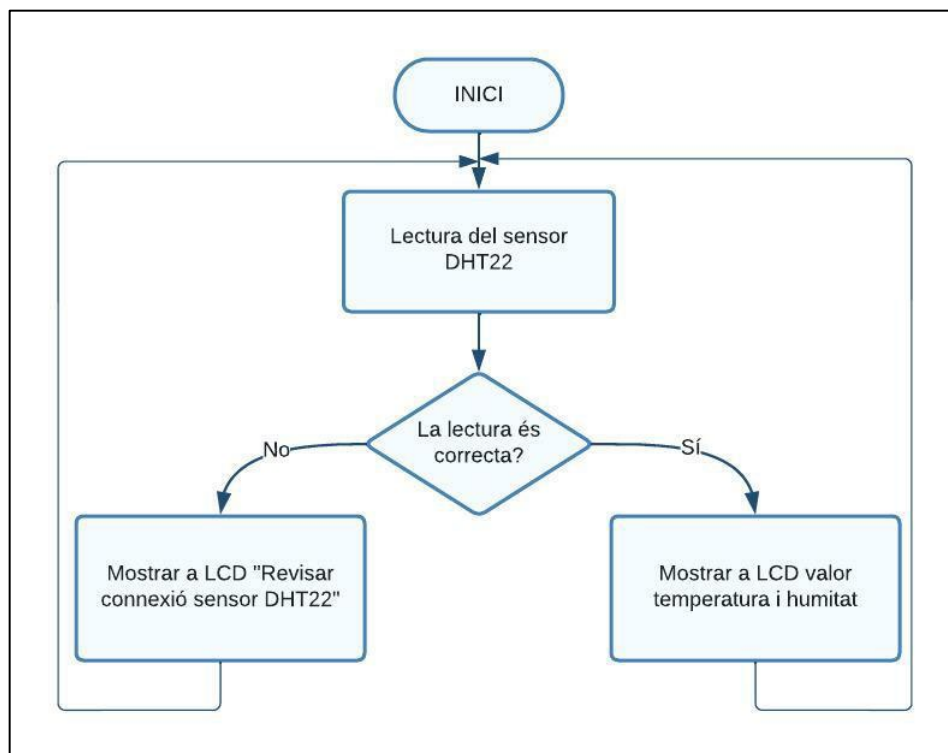


Figura 8.1.-Diagrama de flux de la lectura i el mostratge de la temperatura i humitat. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

Mitjançant el sensor de temperatura i humitat DHT 22 es pot saber en tot moment quina és la temperatura i humitat de l'habitatge, això permet a l'usuari prendre decisions sobre això i encendre la instal·lació de climatització si s'escau.

Per visualitzar la temperatura s'haurà de navegar entre les diferents pantalles LCD o entrar a l'aplicació per a dispositius mòbils creada (punt 8.2.6).

8.1.2. Alarma

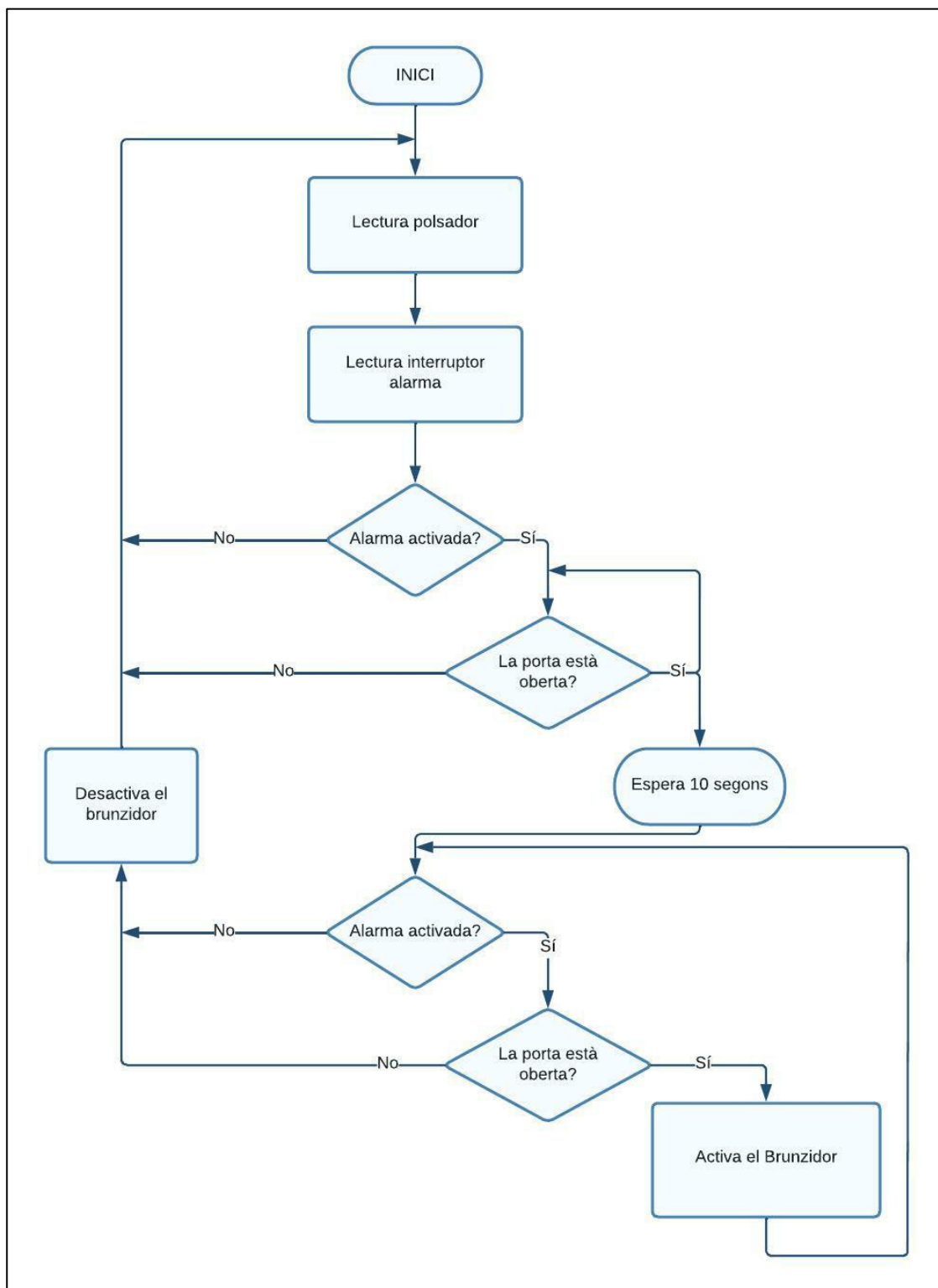


Figura 8.2.- Diagrama de flux de l'alarma. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

El sistema d'activació d'alarma és senzill, a través d'un interruptor, quan això succeeix comprova si la porta s'obre, i en cas que passi, dona 10 segons a l'usuari per desactivar l'alarma o, per altra banda tancar la porta. Si cap d'aquests 2 conceptes es compleix, activa el bronzidor.

L'estat de l'alarma (si està activada o no) es pot visualitzar amb la pantalla LCD. És important saber que l'activació de l'alarma i l'estat d'aquesta i la porta es pot fer també a través de l'aplicació mòbil creada (punt 8.2.4).

8.1.3. Timbre

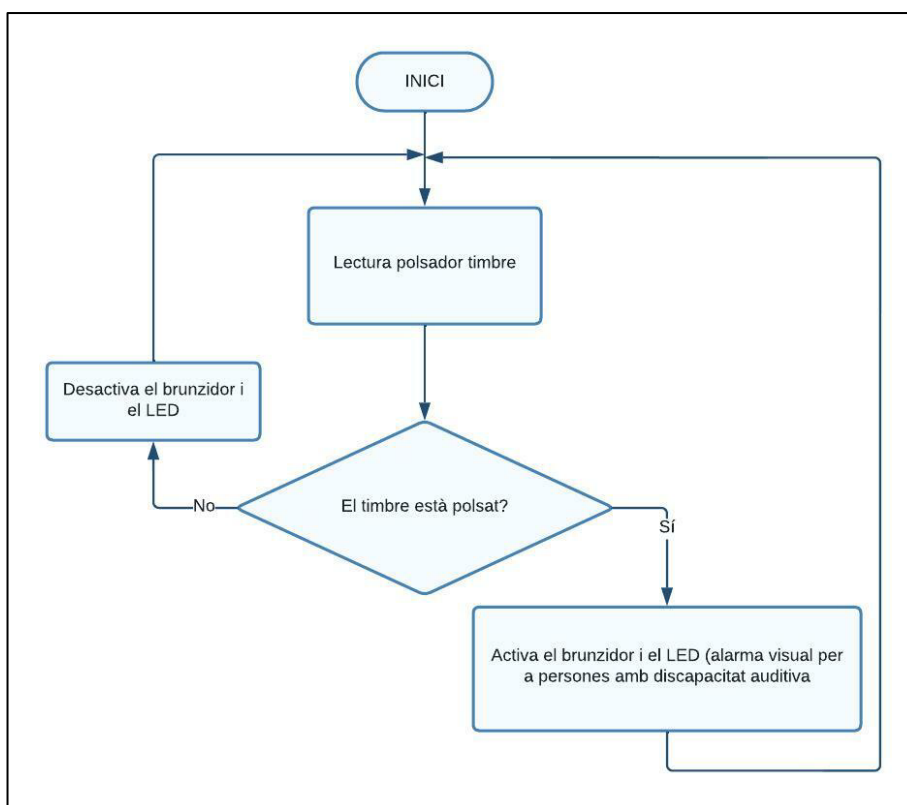


Figura 8.3.- Diagrama de flux del timbre. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

La funcionalitat del timbre és la de qualsevol timbre normal i corrent, quan es prem el polsador el bronzidor s'activa per fer-ho saber. El que la diferència dels timbres dels habitatges normals i corrents és que quan es fa sonar el bronzidor també s'activa el LED per crear un avís visual per persones amb discapacitat auditiva.

8.1.4. Control llums

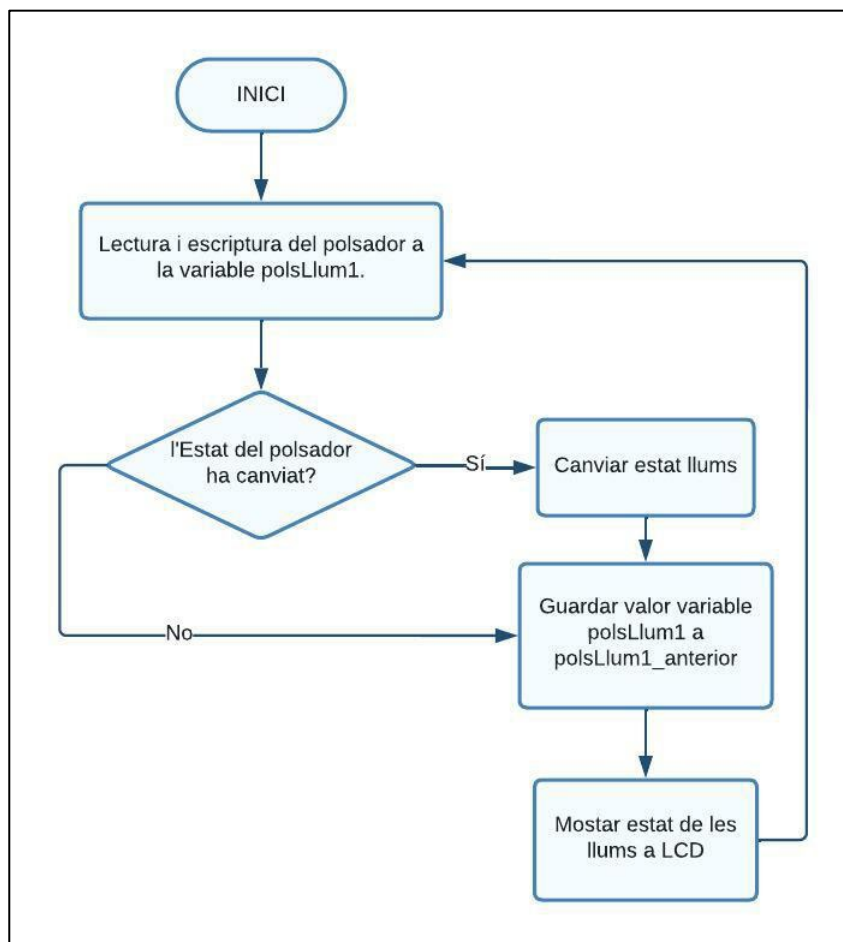


Figura 8.4.- Diagrama de flux del control de les llums. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

Quan es detecta que el pulsador ha canviat d'estat, és a dir, algú la polsat, es canvia l'estat de les llums i es guarda el valor d'aquest a una variable per així poder-lo comparar amb l'estat actual i saber quan aquest fet succeeix. A part d'això, a través de LCD es pot saber l'estat de les llums dels diferents espais de la casa.

La funcionalitat del control de les llums a través de l'App (punt 8.2.3) suposa una gran comoditat per les persones amb discapacitat física i mobilitat reduïda, ja que poder encendre i apagar les llums des de qualsevol punt sempre i quan es tingui el mòbil a sobre suposa un avantatge important. Aquest control a partir de l'aplicació també suposa un avenç per les persones amb discapacitat visual, que a través de l'App, podran saber quin és l'estat d'aquestes.

8.1.5. Control llums per moviment

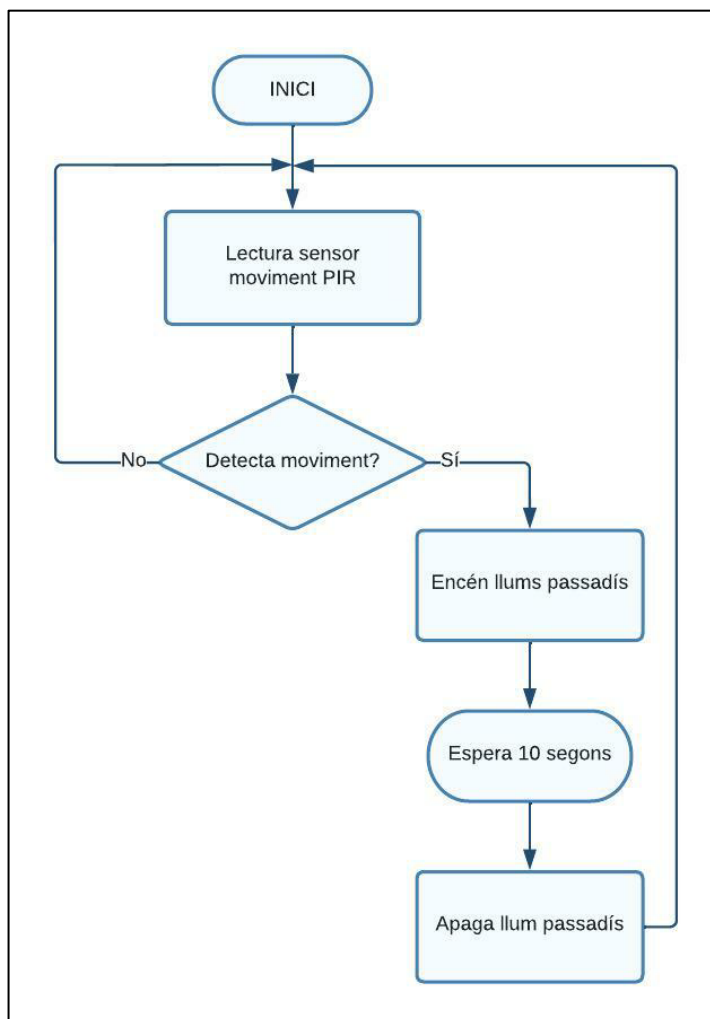


Figura 8.5.- Diagrama de flux del control de les llums per moviment. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

El control per moviment de les llums suposa una facilitat per les persones amb mobilitat reduïda, ja que evita haver d'anar fins a l'interruptor per poder encendre les llums dels llocs de pas. A més aquesta aplicació pensa amb l'eficiència i estalvi energètic, ja que si no són necessàries, aquestes no estaran obertes.

8.1.6. Control Persianes

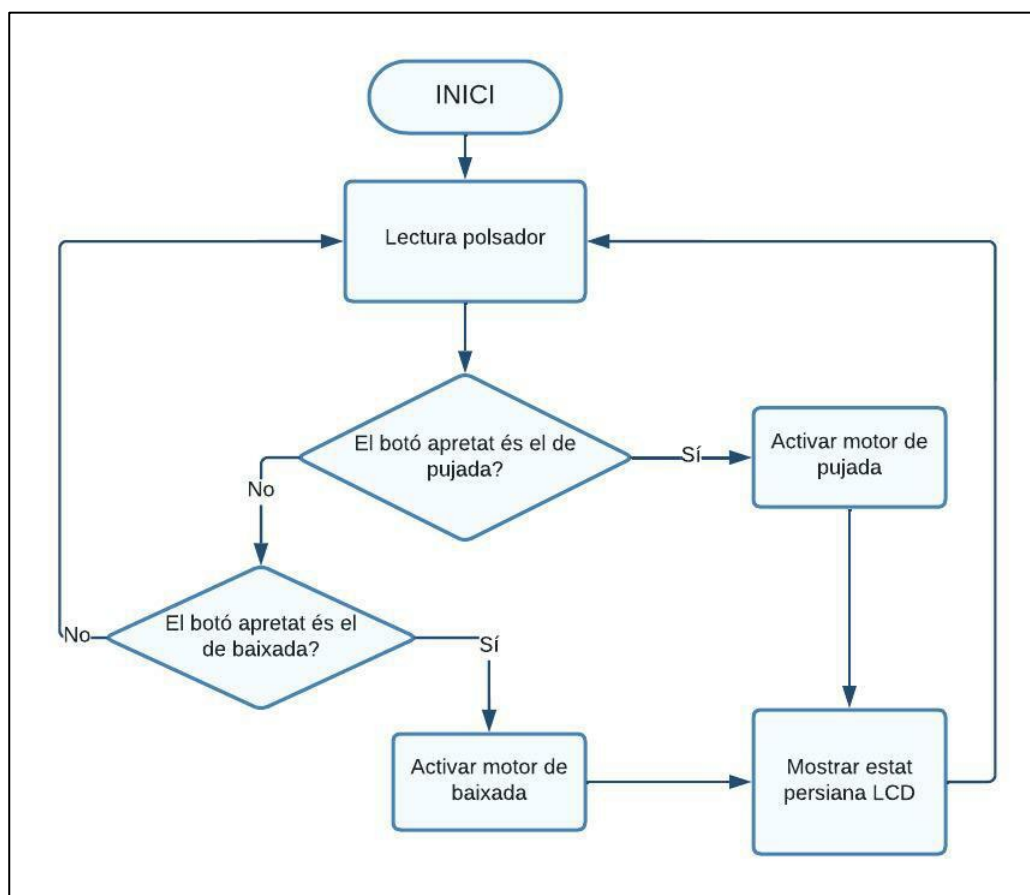


Figura 8.6.- Diagrama de flux del control de les persianes. Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

El control de la persiana té uns avantatges molt semblats als del control de les llums. Suposa una comoditat per les persones amb mobilitat reduïda el fet de poder controlar les persianes des de l'aplicació mòbil (punt 8.2.5). Així com saber l'estat de les persianes per a les persones amb discapacitat visual.

Poder visualitzar l'estat de les persianes des de LCD i l'App pot permetre que al moment de sortir de casa puguis comprovar que no queden en una posició que no vols i canviar-ho des del mòbil.

8.1.7. Bluetooth

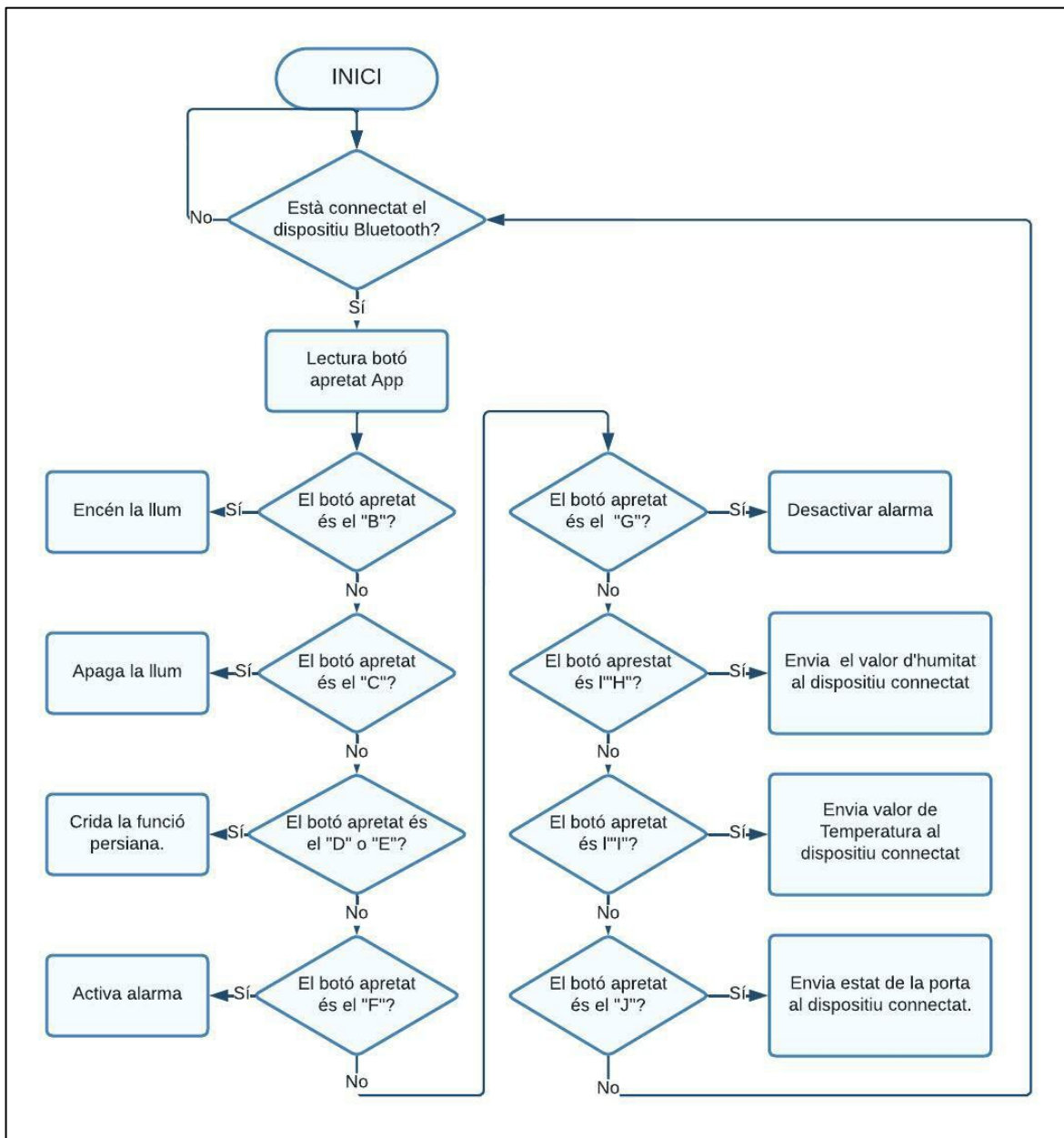


Figura 8.7.- Diagrama de flux de les funcions que es desenvolupen a través dels dispositiu connectat per Bluetooth.
 Font: pròpia, mitjançant Lucidchart.

Des de el dispositiu mòbil es poden realitzar les següents accions al sistema, si aquests han establert connexió. L'acció que executarà el programa dependrà de la lletra que s'envii des de l'aplicació:

- A: es la tecla per a no fer res. S'utilitza quan es vol parar el moviment de la persiana.
- B: encén les llums.
- C: apaga les llums.
- D: crida la funció de la persiana per pujar-la.

- E: crida la funció de la persiana, en aquest cas, per baixar-la.
- F: activa l'alarma.
- G: desactiva l'alarma
- H: envia el valor de la humitat al dispositiu connectat.
- I: envia el valor de la temperatura en graus centígrads al dispositiu connectat.
- J: envia el valor de l'estat de la porta al dispositiu connectat.

8.2. Aplicació mòbil

Per a la creació de l'Aplicació mòbil s'ha fet ús de la plataforma "*MITApp Inventor*" que permet crear aplicacions per a dispositius (tauletes o "*Smartphones*") de "*software*" Android. El llenguatge que s'utilitza és l'"*App Inventor*" i és un llenguatge basat en blocs. S'ha escollit aquest programari per coneixements previs d'aquest i perquè permet fer possible les necessites que genera aquest projecte de manera adient.

El conjunt de l'aplicació se li podrien afegir dins les mateixes pantalles tants actuadors com tingui el projecte final, és a dir, en aquest programa es troba: la llum del menjador, una persiana, l'estat de la porta principal i no dels finestrals també. En el punt on es faci la instal·lació adaptada a les necessitats de l'habitatge, cada una de les pantalles es completarà amb tots els sensors o actuadors que el disseny del client contingui.

8.2.1. Accessibilitat

L'aplicació mòbil resulta ser una part del projecte molt important, ja que és la que permet tindre el control de la casa sense desplaçar-se, avantatge per les persones amb mobilitat reduïda i tindre coneixement de l'estat dels sensors i actuator i poder realitzar el control d'aquests a través de l'oïda, adaptacions per a les persones amb discapacitat visual.

Perquè l'aplicació mòbil resulti accessible per a persones amb mobilitat reduïda s'han de seguir una sèrie de paràmetres a l'hora de programar-la, aquestes indicacions es poden trobar a la "Guía de Accesibilidad de Aplicaciones Móviles (APPS)"(32), document dut a terme pel ministeri d'hisenda i funció pública del Gobierno de España.

Les persones amb discapacitat visual tenen una eina als seus dispositius intel·ligents que consisteix en: un focus a la pantalla que es mou d'un component al següent que es mostra als telèfons mentre es reproduïx la lectura del nom, etiqueta o contingut textual que té cada component. En els dispositius Android aquesta aplicació és el "Talkback".

És per això que és de gran importància que aquests elements tinguin el text descriptiu de l'acció que pot fer si s'acciona cada un dels components i en cap cas posar de nom el tipus de component que és. Per exemple: si hi ha un botó amb un sobre, no s'anomenarà al botó "botó sobre" sinó directament "enviar".

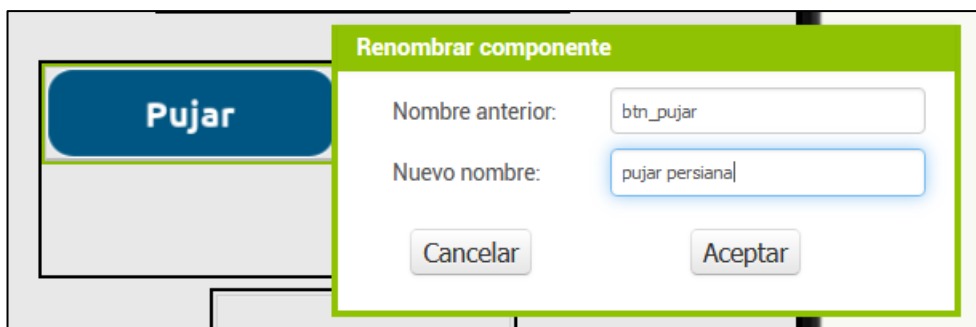


Figura 8.8.- Exemple nombrar components correctament. Font: pròpia.

Una altra característica important és la navegació per les pantalles sigui senzilla i ràpida, es recomana que amb un màxim de 3 accions es pugui arribar a qualsevol part de "l'App". A més s'hauria d'evitar els desplaçaments de pantalles de tipus "scroll".

Per a les persones amb discapacitat visual, però no ceguera total, es demana que el text mai sigui menor a 18 punts i que els colors que tingui la interfície compleix amb una relació amb el contrast mínima del 3:1 i es recomana que en la mesura del possible sigui sempre de més de 5:1. En el cas de l'aplicació per aquest projecte, s'ha aconseguit una relació de contrast de 7,91 i s'han utilitzat els mateixos 2 colors per a tots els dissenys de pantalles i així assegurar la comoditat pels qui ho necessiten. La comprovació de la relació de contrast es pot fer amb la web de "Aplicaciones Unidad de Accesibilidad Digital" (33).

L'última recomanació que es pot contemplar és que els avisos i/o errors no siguin només de manera visual del tipus: surt un requadre vermell on falta informació per contemplar o que el missatge que hi surt sigui temporal. Si s'ha de notificar quelcom, el missatge mai desapareixerà sol i tampoc mai serà només de caràcter visual.

Aquesta última característica no s'ha pogut dur a terme al 100% com que la configuració de connexió Bluetooth ja conté les seves pròpies notificacions i aquestes són temporals i únicament visuals.

8.2.2. Pantalla principal

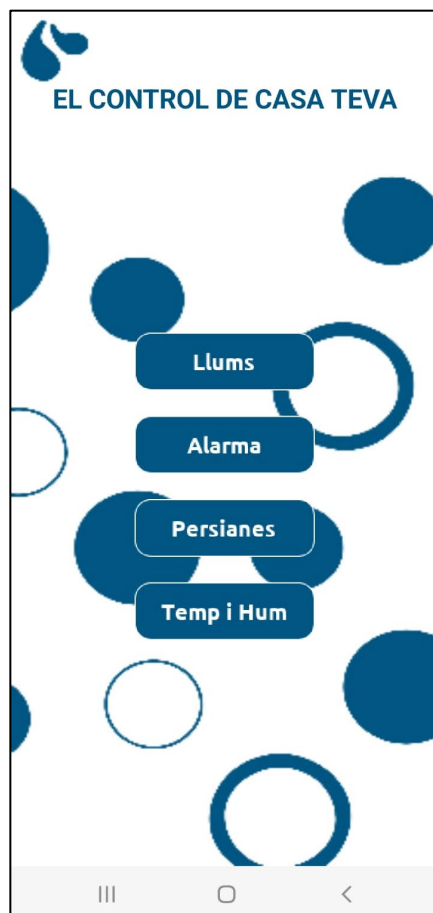


Figura 8.9.- Captura de la pantalla principal. Font: pròpia.

Aquesta primera pantalla mostra només les quatre opcions que té l'aplicació en forma de botons que permeten navegar fins a cada una d'elles: llums, alarma, persianes i temperatura i humitat.

8.2.3. Llums



Figura 8.10.- Captura de la pantalla d'estat de les llums. Font: pròpia.

La primera de les opcions de la pantalla principal obra la pantalla de l'Estat de les llums. La primera acció a realitzar és establir connexió Bluetooth mitjançant el dispositiu HC-06 connectat al prototip, això s'aconsegueix amb els botons de connectar i desconnectar que es troben a la part superior de la pantalla. El primer dels botons obra una llista dels possibles dispositius a connectar, tria el dispositiu desitjat i si s'estableix connexió la pantalla mostra: "Connexió realitzada correctament". Si, per altra banda, no s'estableix la connexió la pantalla mostra: "Error en la connexió". Quan encara no s'ha fet cap intent de connexió o s'ha clicat el botó de desconnectar, la pantalla mostra: "Cap dispositiu connectat".

Un cop la connexió ha estat exitosa, es pot encendre o apagar les llums i veure en quin estat es troba. Per últim, hi ha un botó per a tornar a la pantalla inicial.

Per tal de simular la lectura que faria el programari d'accessibilitat d'Android, s'han creat missatges de veu per donar les alertes a les persones amb discapacitat visual. Aquests missatges son en llengua espanyola perquè no hi ha opció de fer-los en català.

- Missatge a l'inicialitzar la pantalla: *"Actualmente ningun dispositivo conectado"*.
- Missatge al clicar el botó Desconnectar: *"Actualmente ningun dispositivo conectado"*.
- Missatge si és realitza la connexió correctament: *"Conexión realizada correctamente"*.
- Missatge al tenir un error de connexió: *"Error de conexión"*.
- Missatge al clicar el botó Encendre: *"La luz está abierta"*.
- Missatge al clicar el botó Apagar: *"La luz està apagada"*.

8.2.4. Alarma



Figura 8.11.- Captura de la pantalla d'alarma. Font: pròpia.

La següent opció és la pantalla de l'alarma, en aquesta també s'ha de realitzar la connexió Bluetooth. En aquest cas "l'App" permet activar i desactivar l'alarma per la porta principal i veure en quin estat es troba aquesta.

Per tal de simular la lectura que faria el programari d'accessibilitat d'Android, s'han creat missatges de veu per donar les alertes a les persones amb discapacitat visual. Aquests missatges son en llengua espanyola perquè no hi ha opció de fer-los en català. Els missatges referents a la connexió del dispositiu Bluetooth són els mateixos per a totes les pantalles (veure punt 8.2.3).

- Missatge al clicar el botó Activar: *"Alarma desactivada"*.
- Missatge al clicar el botó Desactivar: *"Alarma activada"*.
- Missatge al clicar el botó Veure estat porta:
 - o Si la porta està oberta *"La Puerta está abierta"*.
 - o Si la porta està tancada *"La Puerta está cerrada"*

8.2.5. Persianes



Figura 8.12 Captura de la pantalla d'estat de les persianes. Font: pròpia.

Per la pantalla de l'estat de les persianes i seguint l'estructura de les pantalles anteriors, a la part superior de la interfície es troben els botons per tal de connectar o desconnectar el dispositiu Bluetooth

i quan la connexió s'ha realitzat correctament aquesta pantalla permet pujar, baixar i parar el moviment de les pantalles.

També seguint les pantalles anteriors, hi ha el botó tornar, per poder tornar a la pantalla principal.

Per tal de simular la lectura que faria el programari d'accessibilitat d'Android, s'han creat missatges de veu per donar les alertes a les persones amb discapacitat visual. Aquests missatges son en llengua espanyola perquè no hi ha opció de fer-los en català. Els missatges referents a la connexió del dispositiu Bluetooth són els mateixos per a totes les pantalles (veure punt 8.2.3).

- Missatge al clicar el botó Pujar: *"Abriendo persiana"*.
- Missatge al clicar el botó Baixar: *"Cerrando persiana"*.
- Missatge al clicar el botó Parar: *"Persiana parada"*.

8.2.6. Temperatura i humitat



Figura 8.13.- Captura de la pantalla de temperatura i humitat Font: pròpia.

Per acabar: la pantalla de temperatura i humitat. Per aquesta és també necessària establir una connexió correcta amb el dispositiu Bluetooth. Un cop realitzada aquesta connexió es podrà demanar a l'aplicació que mostri la temperatura i la humitat que detecta el sensor DHT22. També té el botó de tornar per a poder retornar a la pantalla principal i continuar navegant per l'aplicació.

Per tal de simular la lectura que faria el programari d'accessibilitat d'Android, s'han creat missatges de veu per donar les alertes a les persones amb discapacitat visual. Aquests missatges son en llengua espanyola perquè no hi ha opció de fer-los en català. Els missatges referents a la connexió del dispositiu Bluetooth són els mateixos per a totes les pantalles (veure punt 8.2.3).

- Missatge al clicar el botó Mostra temperatura: *“La temperatura actual és de (valor) grados”*.
- Missatge al clicar el botó Mostra humitat *“La humedad actual és de (xx) por ciento”*.

9. Normativa

Com en tot projecte d'instal·lacions, cal acollir-se a una sèrie de normatives per tal de complir amb uns criteris unificats. Pel que fa a les instal·lacions domòtiques, actualment no existeix cap llei en concret que reculli tots els criteris a tenir en compte per aquest tipus d'instal·lacions. Sí més no, des d'AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación) s'ha desenvolupat una norma (EA0026) que especifica les instal·lacions domòtiques de caràcter domèstic. Aquesta norma servirà de referència per a dur a terme posteriorment una norma europea (**UNE-EN 50491-6-1**) que també faci referència a les instal·lacions domòtiques.

Pel que fa a les lleis que existeixen actualment amb relació a la domòtica, es troben dues grans directives a escala europea i un RD, redactades per la Comissió Europea:

- Directiva **CE 2006/95/CE** de Baixa Tensió: descriu tots els requisits essencials de seguretat per a equips elèctrics que funcionen amb un voltatge d'entre 50 V i 1000 V per a corrent altern i 75 V i 1500 V per a corrent continua.
- Directiva **CE 89/336/CEE** de compatibilitat electromagnètica, que va ser derogada l'any 2009 per la 2004/108/CE.
- **RD 842/2002**: És un reglament on s'inclouen varies ITC (Instruccions Tècniques).
 - o **ITC-BT-03**: Instal·ladors autoritzats en Baixa tensió.
 - o **ITC-BT-04**: Documentació i posada en marxa de les instal·lacions.
 - o **ITC-BT-51**: Instal·lacions de sistemes automatitzats. Gestió tècnica de l'energia i seguretat d'habitatges i edificis.

En l'àmbit de legislació espanyola es troben diferents lleis que s'han de complir a l'hora de dur a terme una instal·lació domòtica:

- **CTE (Codi Tècnic d'Edificació)**: el Codi Tècnic d'Edificació és el marc normatiu que estableix les exigències bàsiques de qualitat que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat establerts a la **lleï 38/1999** del 5 de novembre de 1999, d'ordenació de l'Edificació (LOE). Aquestes normes poden ser: requisits bàsics de seguretat estructural, seguretat en cas d'incendi, seguretat en la higiene, salut i protecció del medi ambient, protecció contra el soroll i estalvi d'energia i aïllament tèrmic.
- Reglament d'Infraestructures Comunes de Telecomunicacions, segons l'**RD 346/2011** de l'11 de Març de 2011: Aquest Real Decret regula tots els sistemes relacionats amb la transmissió vídeo, cablejat entre altres.
- Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió, REBT (**RD 842/2022** del 2 d'Agost de 2022): és el reglament de caràcter tècnic de seguretat industrial que recull el conjunt d'especificacions

tècniques relatives al marc normatiu en el camp de les instal·lacions elèctriques de baixa tensió.

Existeix el CEDOM (Associació espanyola de Domòtica i Immòtica), que serveix per augmentar la implantació de la domòtica i la immòtica a Espanya a través de la promoció de la tecnologia sense diferenciació de sistemes ni protocols de comunicació. Les empreses que formen part d'aquesta associació han definit una especificació que permet definir una certificació d'instal·lacions domòtiques basada en AENOR **EA0026**, "2006 Instal·lacions de sistemes domòtics en habitatges. Prescripcions generals d'instal·lació i avaluació". Es defineixen una sèrie de normes tècniques:

- **EN 50090** o protocol Konnex "Home and Building Electronic System": Aquest protocol és un estàndard a escala d'Europa per establir un marc en les comunicacions dels sistemes electrònics en habitatges i construccions. Es tenen en compte, en aquesta normativa, els dispositius electrònics connectats a una xarxa de transmissió digital. Alguns exemples d'aplicació sobre aquesta estandardització podrien ser: Control d'il·luminació, calefacció, gestió de l'energia, sistemes de seguretat i alarmes entre altres.
- **EN/ISO 16848** 'Building Automation and Control Systems': En els processos d'automatització hi intervenen funcions i softwares. En aquesta norma internacional s'especifiquen tota classe de característiques que s'usen en els processos d'automatització. A més a més, es proposen directrius d'enginyeria amb relació a aquests tipus de projecte.
- **UNE-EN 50491**. Sistemes electrònics dels habitatges i edificis, sistemes d'Automatització i control d'edificis:
 - o **EN 50491-2**: Normativa aplicable a les condicions ambiental.
 - o **EN 50491-3**: Normativa aplicable als Requisits de seguretat elèctrica.
 - o **EN 50491-4-1**: Normativa aplicable als Requisits generals de seguretat funcional per a productes electrònics.
 - o **EN 50491-5-1**: Normativa aplicable als Requisits de compatibilitat electromagnètica i condicions generals.
 - o **UNE-EN 50491-6-1**: Normativa aplicable a les instal·lacions HBES.
 - o **UNE-EN 50491-11**: Normativa aplicable a la mesura intel·ligent.

10. Impacte mediambiental

Per tal d'aconseguir un menor impacte ambiental, tots els components que s'han seleccionat tant pel prototip de proves com pel disseny real compleixen amb la directiva que va aprovar la Comunitat europea el febre del 2003 **RoHS** (2002/95/CE) i que ha estat actualitzada el 2011 (2011/65/UE). Està orientada a reduir l'ús d'algunes substàncies perilloses en aparells tan elèctrics com electrònics, tal com les sigles indiquen: “*Restriction of Hazardous Substances*”.

Les restriccions que marca aquesta normativa són que només un 0,1% del pes del component pot ser crom, mercuri, plom, PBB i PBDE. Que encara es torna més restrictiva quan l'element del que es parla és el cadmi. Amb aquest la restricció augmenta fins a només poder representar el 0,01% del pes del component.



Figura 10.1.- RoHS. Font: (34).

Durant el disseny i la selecció de components hi ha dos factors que ajuden en l'eficiència energètica. El primer és la funcionalitat de què les llums del passadís (espai de pas) funcionin de manera automàtica quan a l'espai on està situat el sensor no hi ha suficient claredat i el sensor detecta una presència. Que la llum s'encengui només quan es compleixen aquestes premisses, implica que només estarà encesa quan sigui necessària i evitarà malgastar energia.

La segona és que la tria de l'enllumenat de tot l'habitatge es faci amb les bombetes LED, que com s'ha explicat en el capítol 5 de possibles solucions, aquestes tenen un consum molt baix pel fet que no es perd energia en forma de calor.

Conclusions

Després de la realització del Treball de Fi d'Estudis s'han pogut extreure varies conclusions i valoracions respecte a la tecnologia domòtica i la corresponent aplicació, en aquest cas, en habitatges destinats a persones que presenten algun tipus de discapacitat. Agafant els 4 objectius principals com a referència, es pot afirmar que aquests s'han pogut complir.

En primer lloc, s'han detectat les principals barreres per a les persones amb discapacitat preguntant directament amb elles i parlant amb associacions dels col·lectius minoritzats. L'abast d'aquest ha sigut conèixer possibles solucions per persones amb discapacitat física, visual i auditiva. S'ha dissenyat un prototip amb un microcontrolador per centralitzar i automatitzar totes les accions, creant així una aplicació mòbil per tal de poder fer més fàcil i intuïtiva la gestió la interacció amb l'usuari. Domotitzar un habitatge també influeix en l'eficiència i el consum d'aquest, per tant s'ha tingut en compte que el disseny sigui el més eficient possible, sobretot en termes de consum.

En aquest treball, ha tingut gran importància els coneixements adquirits durant el Grau. Per al càlcul de components i de la PCB ha sigut necessari aplicar diferents conceptes apresos a Tecnologia Electrònica (TEEIA) i Electrònica analògica (EAEIA). Pel que fa al programari d'esquemàtics elèctrics, en la realització del TFG s'ha utilitzat el KiCad que, tot i no haver-lo utilitzat abans, a partir de l'aprenentatge adquirit durant les pràctiques de diverses assignatures amb els programes: Eagle, Proteus, PSIM o Pspice. A més, gràcies a l'optativa de Programació per a Dispositius Mòbils (PDM) s'ha pogut realitzar una aplicació mòbil com a solució d'interfície entre la instal·lació i l'usuari a través de Mitapp, un entorn integrat de desenvolupament que permet crear aplicacions mòbils per al sistema operatiu Android.

El repte més gran d'aquest estudi ha sigut el disseny de la PCB, ja que la complexitat d'aquesta ha sigut molt més elevada que els exemples duts a terme durant la carrera, d'aquesta manera, això ha suposat un grau afegit de dificultat en la resolució del prototip plantejat a l'inici del projecte. També, el fet d'haver utilitzat per primera vegada l'entorn IDE Arduino ha suposat, sobretot al principi, una dedicació important l'aprenentatge d'aquest per a la realització del treball.

Possibles millores

Tal com s'ha comentat en altres apartats del treball, el sector de la domòtica està en ple creixement i ,per tant, les possibles millores i aplicacions estan en constant augment. Pel que fa al model realitzat en aquest treball, un dels punts amb més marge de millora recau en la comunicació de l'aplicació mòbil amb el sistema. En el cas estudiat, la comunicació es fa amb Bluetooth, per tant, per establir una correcta connexió s'ha d'estar amb el dispositiu mòbil relativament prop del sistema. En canvi, es proposa com a millora que permeti tenir una connectivitat mitjançant internet per poder monitoritzar la instal·lació des de qualsevol localització amb connexió a internet.

Gràcies a la informació sol·licitada a persones amb discapacitat, potencials d'adquirir un producte/solució com la plantejada en aquest treball, s'ha rebut com a feedback que l'accessibilitat a les aplicacions per a les persones cegues és molt més intuïtiva en el sistema d'accessibilitat Apple en lloc del que ofereix el sistema operatiu Android. Així doncs, una possible millora seria adaptar la solució amb una aplicació Apple per a l'usuari que tingui i/o prefereixi aquests tipus de dispositius. Aquest mateix col·lectiu, també reclama crear una aplicació mòbil per a unificar i poder fer ús dels electrodomèstics moderns, ja que per ells, ara mateix i cada vegada més, tot es fa amb pantalles tàctils que els hi dificulta molt l'ús i a la vegada han de tenir una aplicació per cada parell que utilitzen al seu dia a dia.

Amb la domòtica es pot arribar allà on la imaginació arribi, és per això que hi ha una infinitat de possibilitats d'afegir algunes que es poden afegir són: automatització de l'obertura de la porta principal, crear un sistema de climatització que puguis controlar i programar per a tal d'aconseguir una major eficiència energètica i per persones amb un grau de mobilitat molt baix, per exemple poder fer un llit motoritzat que els ajudi en la incorporació i en l'acció d'estirar-se a l'hora d'anar a descansar.

Dins d'una instal·lació domòtica en habitatges, la part de seguretat és molt important. Moltes vegades, el fet diferencial entre una instal·lació domòtica eficient és que el temps de resposta entre un incident i la solució d'aquest sigui el menor possible. Una opció interessant per a solucionar aquest 'problema' és poder connectar a temps real l'activitat de la instal·lació domòtica amb una empresa especialitzada en la gestió d'incidències i d'emergències.

Com s'ha especificat en l'abast del treball, es tenen en compte les necessitats per a persones amb discapacitat física, visual i auditiva. Per tant, altres tipus de discapacitat no és contemplan en aquest treball. D'aquesta manera es proposa com a millora potencial realitzar el mateix estudi de necessitats per a persones amb discapacitat cognitiva, i així ampliar la versatilitat de la solució.

La domòtica serveix per optimitzar, automatitzar i millorar un sistema. Amb aquestes premisses bàsiques, a part de poder satisfer un confort dins d'un habitatge, també es pot utilitzar com una eina

per a millorar l'eficiència energètica en habitatges i altres construccions. Un exemple clar i concís és plantejar una instal·lació fotovoltaica gestionada a partir d'una instal·lació domòtica. La generació renovable en una casa o pis unifamiliar comporta tan estalvis econòmics com en emissions de CO₂. El fet de gestionar de manera eficient la generació renovable pròpia amb relació al consum és un camp d'aplicació de la domòtica amb un gran present i futur.

Una altra aplicació seria tenir eines per poder preparar una solució domòtica per habitatges que pugui ser fàcilment adaptable en cas que es modifiquin les divisions interiors de la vivenda, com per exemple, que en un futur es facin dos pisos de l'original.

Si es mira l'aplicabilitat del concepte de domòtica més enllà de l'abast d'aquest projecte, es poden trobar molts casos on pot ser una eina molt útil. Per exemple, si s'extrapola el concepte de domòtica d'un habitatge a una ciutat, es podria pensar que una ciutat podria controlar-se a partir de domòtica, tant en la gestió del confort i benestar dels ciutadans (gestió de les congestions en carreteres) com en la gestió i optimització del consum d'energia (gestió de la il·luminació dels carrers) entre altres i fer ajudar també a fer les ciutats més inclusives per a tothom i totes les diverses discapacitats.

Bibliografia

- [1] About ABET | ABET. A: [en línia]. [Consulta: 5 maig 2022]. Disponible a: <https://www.abet.org/about-abet/>.
- [2] Huidobro, J.M. *Manual de domòtica*. book. Madrid: Creaciones Copyright, 2010. ISBN 9788492779376.
- [3] Domòtica: 5 aplicacions principals. A: [en línia]. [Consulta: 12 maig 2022]. Disponible a: <https://www.useit.es/>.
- [4] Statista. • Smart Home Report 2021 | Statista. A: [en línia]. [Consulta: 22 juny 2022]. Disponible a: <https://de.statista.com/>.
- [5] Domòtica en España: mayor crecimiento para 2024 - Blog Oi Realtor. A: [en línia]. [Consulta: 26 setembre 2022]. Disponible a: <https://www.oirealtor.com/>.
- [6] Arduino - Home. A: [en línia]. [Consulta: 30 juny 2022]. Disponible a: <https://www.arduino.cc/>.
- [7] Teach, learn, and make with the Raspberry Pi Foundation. A: [en línia]. [Consulta: 2 juliol 2022]. Disponible a: <https://www.raspberrypi.org/>.
- [8] Texas Instrument Team. LM35 Precision centigrade temperature sensors. A: *Texam Instrument* [en línia]. 2017, núm. November, p. 1-39. Disponible a: <https://www.ti.com/>.
- [9] Serial, T. i Thermal, D. Tiny Serial Digital Thermal Sensor. A: . 2002, Vol. 3, p. 1-16.
- [10] Pleva GmbH. Temperature sensor. A: *Melliand Textilberichte*. 1995, Vol. 76, núm. 12, p. 1112. DOI 10.1117/3.1002910.ch11.
- [11] Becker, F.G. et al. MC-38 datasheet. A: *Syria Studies* [en línia]. 2015, Vol. 7, núm. 1, p. 37-72. ISSN 17549469. Disponible a: <https://www.researchgate.net/>.
- [12] RS PRO. RS Pro Grade 2 Surface mount alarm contact. Datasheet. A: . p. 9182687.
- [13] Espantoso, J.L.R. Apuntes T2_iluminacion, PI. A: . 2021, p. 49-113.
- [14] Foto de stock gratuita sobre bombillas, sujetando. A: [en línia]. [Consulta: 6 setembre 2022]. Disponible a: <https://www.pexels.com/es-es/foto/sujetando-bombillas-3946158/>.
- [15] Focos led dimerizables: descubre sus ventajas y usos en tu hogar. A: [en línia]. [Consulta: 22 setembre 2022]. Disponible a: <https://inelba.com/>.
- [16] Atmel. Datasheet ATmega1281/2561/V ATmega640/1280/2560. A: . 2012,
- [17] Liu, T. Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22. A: *New York : Aosong Electronic* [en línia]. 2015, Vol. 22, p. 1-10. Disponible a: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>.

- [18] Punto Flotante S.A. Sensor infrarrojo de movimiento PIR HC-SR501. A: [en línia]. 2017, p. 1-9. Disponible a: <https://puntoflotante.net/MANUAL-DEL-USUARIO-SENSOR-DE-MOVIMIENTO-PIR-HC-SR501.pdf>.
- [19] Code, E.A.N. Manual de uso LED GU10. A: .
- [20] G-, M. Manual de uso led INSPIRE. A: .
- [21] Technical, P. KY-012 Active Piezo-Buzzer module Pinout Code example Arduino. A: . 2017, p. 51-53.
- [22] Motor de persiana mecánico de 20NM | Tienda Online Somfy. A: [en línia]. [Consulta: 25 setembre 2022]. Disponible a: <https://shop.somfy.es/motor-de-persiana-mecanico-mr-200-de-20nm.html>.
- [23] Display LCD 20x4 LCD2004 I2C - UNIT Electronics. A: [en línia]. [Consulta: 26 setembre 2022]. Disponible a: <https://uelectronics.com/>.
- [24] Mok, S. Datasheet HC-06 Information Technology. A: [en línia]. 2011, núm. 13, p. 14. Disponible a: <https://ecksteining.de/Datasheet/CP06011/HC-05 Datasheet.pdf>.
- [25] 220V zu 5V Mini-Netzteil kompatibel mit Arduino und Raspberry Pi – AZ-Delivery. A: [en línia]. [Consulta: 27 setembre 2022]. Disponible a: <https://www.az-delivery.de/>.
- [26] Pack de 5 conmutadores LEXMAN Lika blanco | Leroy Merlin. A: [en línia]. [Consulta: 26 setembre 2022]. Disponible a: <https://www.leroymerlin.es/>.
- [27] Tyco electronics. Switches Core Program. A: .
- [28] Ag, S. 6X6 Mm Tact Switches 6X6 Mm Tact Switches. A: . 2011, Vol. 2006, núm. 1907, p. 1-4.
- [29] *Osciladro de quarzo.pdf*.
- [30] Conjunto de diodos led rojo amarillo y verde sobre blanco | Foto Premium. A: [en línia]. [Consulta: 1 setembre 2022]. Disponible a: https://www.freepik.es/fotos-premium/conjunto-diodos-led-rojo-amarillo-verde-sobre-blanco_20318901.htm.
- [31] WHADDA. User Manual - LCD1602 KEYPAD. A: .
- [32] Delgado, J.A., Martínez, F.J.E. i Gobierno de España. Guía de Accesibilidad de Aplicaciones Móviles (APPS). A: *Observatorio de Accesibilidad*. 2017, p. 72.
- [33] Comprobación de ratio de contraste de luminosidad entre colores | Colores accesibles. A: [en línia]. [Consulta: 25 setembre 2022]. Disponible a: <https://appuad.ua.es/apps/contraste>.
- [34] What Is RoHS? - Lighting Equipment Sales. A: [en línia]. [Consulta: 28 setembre 2022]. Disponible a: <https://lightingequipmentsales.com/what-is-rohs.html>.